



Henrique Carvalho
Bessa

Desenvolvimento de um produto para
gamificação de formação em metodologias de
trabalho *Lean*



Henrique Carvalho
Bessa

**Desenvolvimento de um produto para
gamificação de formação em metodologias de
trabalho *Lean***

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica do Doutor Victor Fernando Santos Neto, Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e supervisão do Engenheiro Ricardo Ferreira de Mascarenhas, *Project Manager* e CEO da RM Consulting.

A presente dissertação de mestrado teve o apoio, entre outros, do Centro de Tecnologia Mecânica e Automação (TEMA) através dos projetos com as referências UID/EMS/00481/2013-FCT e CENTRO-01-0145-FEDER-022083.

O júri

Presidente

Prof. Doutor Robertt Angelo Fontes Valente

professor associado da Universidade de Aveiro

Vogais

Prof. Doutora Irina Adriana Saur Amaral

professora auxiliar na Escola de Ciências Sociais e Empresariais da Universidade Europeia

Prof. Doutor Victor Fernando Santos Neto

professor auxiliar convidado da Universidade de Aveiro (orientador)

Agradecimentos

Um projeto deste tipo só é possível graças ao esforço conjunto de um grupo coeso e solidário de pessoas amigas. Ao terminar este trabalho devo deixar uma palavra de apreço para aqueles que, de algum modo, me acompanharam e se empenharam para me ajudar a concretizar este projeto.

Agradeço ao Prof. Doutor Victor Neto o privilégio da sua orientação científica, o interesse e a inteira disponibilidade sempre revelada para me apoiar.

Um muito obrigado ao Eng. Ricardo Mascarenhas, que me acolheu, ajudou, orientou e permitiu realizar este trabalho que tanto gosto me deu. A toda a equipa da RM Consulting, em especial ao Eng. Artur Matos que desde a primeira hora se prontificou a ajudar.

Um forte abraço aos meus colegas de curso pela amizade, entusiasmo transmitido e bons momentos partilhados.

Sinto-me grato pelos amigos e familiares que sempre estiveram presentes e compreenderam o quanto era importante para mim realizar este trabalho.

Em especial, um obrigado muito grande aos meus pais a quem devo tudo o que sou.

À Maria, que nunca me deixou só, pelo carinho e pela amizade.

Por fim, um beijo para a minha mana, Catarina, que está sempre comigo e de quem tenho MUITAS saudades.

Palavras-chave

Gamificação; Metodologias *Lean*; Moliceiro; Formação; Impressão 3D; Desenvolvimento do Produto.

Resumo

Dado o clima económico atual e a crescente competitividade entre empresas é crucial que as organizações aproveitem ao máximo os seus recursos, reduzam custos, otimizem processos e apostem na melhoria contínua. A filosofia *lean* apresenta-se como um modelo de gestão que orienta as empresas nesse sentido. A RM Consulting é uma empresa que se dedica à consultoria e formação no âmbito desta filosofia, no seio da qual surgiu a necessidade de criar uma ferramenta que permitisse, de forma prática transmitir conceitos teóricos. Assim, dá-se a fusão entre a gamificação e a filosofia *lean* - criar um jogo destinado a pessoas sem conhecimentos nesta área, servindo de introdução e demonstrando de forma simples algumas aplicações desta filosofia. Este documento descreve todo o percurso de materialização deste jogo físico, desde o desenvolvimento conceptual, à modelação tridimensional, à orçamentação, à planificação da produção, à produção e ao teste. No fim serão apresentadas as conclusões e algumas sugestões de melhoria.

Keywords

Gamification; Lean Methodologies; Moliceiro; Training; 3D Printing; Product Development.

Abstract

With the current economic scenario and the increasing competitiveness between companies, it's crucial that organizations make the most of their resources, reduce costs, optimize processes and engage in continuous improvement. A Lean philosophy presents itself as a management model that guides companies in this direction. RM Consulting is a company dedicated to training company staff within the scope of this philosophy. The latter created the need to develop a tool that would transmit theoretical concepts in a practical way. The proposed tool is the result of merging gamification and Lean philosophy, developing a game for people without knowledge in this area, serving as an introduction to it and demonstrating some applications of this philosophy. This document describes the tool development, from conceptual development, to three-dimensional modeling passing by budgeting, production planning, production and testing. At the end, conclusions and some improvement suggestions will be presented.

Conteúdo

I	Enquadramento e Revisão da Literatura	1
1	Introdução	3
1.1	Enquadramento	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Estrutura da Dissertação	4
2	Metodologias <i>Lean</i>	5
2.1	Conceito Teórico	5
2.2	Enquadramento Histórico	10
2.3	<i>Lean</i> na Prática - <i>Lean Thinking</i>	11
2.3.1	5S	11
2.3.2	Redução de Lotes	12
2.3.3	<i>Layout</i> em U	12
2.3.4	Análise de Fluxo de Valor	13
2.3.5	Supermercado	13
2.3.6	<i>Poka-Yoke</i> - Qualidade na origem	13
3	Gamificação	15
3.1	Conceito teórico	15
3.2	Perceção e Objetivo	16
3.3	Gamificação em Contexto Empresarial	17
4	Gamificação em metodologias <i>lean</i>	19
II	Desenvolvimento do Produto	23
5	Definição do Produto	25
5.1	Moliceiro <i>Lean</i>	28
5.1.1	O Moliceiro	28
5.1.2	Constituintes do Barco	29
6	Conceção e Projeto	31
6.1	Introdução teórica do jogo	32
6.2	Modelo de Kano	32
6.3	Diagrama de Funções e de Componentes Físicos	34
6.4	Dinâmica do Jogo	35

6.4.1	Ronda 1	38
6.4.2	Ronda 2	38
6.4.3	Ronda 3	38
6.4.4	Ronda 4	39
6.4.5	Ronda 5	39
6.4.6	Ronda 6	40
6.4.7	Ronda 7	40
6.4.8	Ronda 8	41
6.4.9	Ronda 9	41
6.4.10	Ronda 10	42
6.4.11	Ronda 11	42
6.4.12	Ronda 12	42
7	Modelação Virtual	45
7.1	CAD Inicial	45
7.1.1	Peças de Jogo	45
7.1.2	Caixa de Transporte	47
7.2	FMEA do Produto	48
7.3	CAD Revisto	48
7.3.1	Peças de Jogo	49
7.3.2	Caixa de Transporte	51
7.3.3	Poka-Yoke	53
7.4	Construção de um protótipo	54
8	Definição de Materiais e de Processos Produtivos e/ou Incorporação	57
8.1	Impressão 3D	58
8.2	Fabrico por CNC	59
8.3	Fundição	60
8.4	Escolha final	61
8.4.1	Peças de Jogo	61
8.4.2	Caixa de Transporte	63
9	Orçamentação	65
9.1	Peças de Jogo	67
9.1.1	100 microns e 5% de preenchimento	67
9.1.2	200 microns e 10% de preenchimento	69
9.2	Caixa de Transporte	71
9.3	Documentação Técnica	72
9.4	Custo total de produção	73
10	Planificação da Produção	75
10.1	Quantidade mínima de peças a fabricar	75
10.2	Tamanho de encaixes	77
10.3	Definição de tabuleiros	77
10.4	Suportes necessários	79
10.5	Parâmetros de impressão	79
10.6	Escolha de cores e ordem de impressão	80
10.7	Produção da Vela	80

10.8	Planificação da Caixa	81
10.8.1	Compartimentação	81
10.8.2	Planificação da folha de madeira	81
11	Documentação Técnica	83
11.1	Folheto de Instruções	83
11.2	Manual do Utilizador	84
III	Resultados e Discussão	87
12	Resultado final	89
13	Teste do Produto	93
14	Considerações Finais e Perspetivas Futuras	97
A	FMEA de Produto	107
B	Quotização Instantânea - Processo Produtivo	109
C	Parâmetros de Impressão	115
D	Documentação Técnica - Folheto de Instruções	117
E	Documentação Técnica - Manual do Utilizador	125

Lista de Tabelas

3.1	A percepção humana da gamificação em contexto de trabalho.	16
3.2	Guia para o desenvolvimento de elementos de formação através de gamificação por Martins Jansons (2016).	17
4.1	Análise individual do jogo Caixa de Bonecos.	19
4.2	Análise individual dos jogos - Caixa de Papel, <i>Lean Bicycle Factory</i> e Barco de Papel.	20
4.3	Análise individual dos jogos - Fábrica de Aviões de Papel, Sofás do Sr. Zé e Dinâmica 5S (legos).	21
4.4	Análise individual dos jogos - Dinâmica 5S (números) e Jogo dos dados (nivelamento da produção).	22
6.1	Guia para o desenvolvimento de elementos de formação através de gamificação por Martins Jansons preenchido. (Jansons, 2016).	31
6.2	Quadro resumo do jogo - nº de peças, conceitos introduzidos, tempo por ronda.	36
6.3	Guia de codificação do pedido.	37
6.4	Guia para colocação de todos os acessórios em relação à base do moliceiro.	37
9.1	Orçamentação para fabrico das peças do jogo e <i>poka-yoke</i> por impressão 3D de filamento de madeira através da impressora Beethefirst+ - 100 microns e 5% de preenchimento.	68
9.2	Orçamentação para fabrico das peças do jogo e <i>poka-yoke</i> por impressão 3D de filamento de PLA através da impressora Leapfrog Creatr - 100 microns e 5% de preenchimento.	69
9.3	Orçamentação para fabrico das peças do jogo e <i>poka-yoke</i> por impressão 3D de filamento de madeira através da impressora Beethefirst+ - 200 microns e 10% de preenchimento.	70
9.4	Orçamentação para fabrico das peças do jogo e <i>poka-yoke</i> por impressão 3D de filamento de PLA através da impressora Leapfrog Creatr - 200 microns e 10% de preenchimento.	71
9.5	Orçamentação obtida para compra de todos os componentes necessários ao fabrico da Caixa de Transporte.	72
9.6	Orçamentação obtida para impressão da Documentação Técnica.	73
9.7	Orçamentação obtida para compra de todos os componentes necessários ao fabrico do jogo.	73

10.1	Quantidade máxima de peças por ronda e quantidade mínima de peças a fabricar.	76
10.2	Tipo de encaixe e consequente tamanho para impressão.	77
10.3	Definição dos tabuleiros: quantidade de peças e respetiva orientação. . . .	78
13.1	Sugestão de alteração ao nível de CAD, para cada peça do jogo.	94

Lista de Figuras

2.1	Os 5 princípios da filosofia <i>Lean</i> (Instituto Lean Management, 2010).	6
2.2	Ilustração das duas formas de calcular o valor do produto - tradicional e <i>Lean</i> (Adaptado de Instituto Lean Management, 2010).	7
2.3	Esquematização dos focos nos quais se baseiam as filosofias tradicional e <i>Lean</i> (Adaptado de Instituto Lean Management, 2010).	8
2.4	Esquematização do ciclo de melhoria contínua <i>Plan-Do-Check-Adjust</i> (Instituto Lean Management, 2010).	9
2.5	Esquematização dos 5S: <i>seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke</i> (Mascarenhas, 2013).	12
2.6	Etapas VSM (Rother & Shook, 1999).	13
2.7	Ilustração do funcionamento de um sistema de controlo de qualidade na origem - <i>Poka-Yoke</i>	14
5.1	Fotorrealismo do primeiro esboço tridimensional do moliceiro.	26
5.2	Comparação de vista frontal entre um moliceiro e o esboço virtual tridimensional realizado (Mata, 2017).	26
5.3	Fotorrealismo do primeiro esboço tridimensional da pizza.	27
5.4	Moliceiro - barco típico de Aveiro - sobre as águas da Ria. (Hotel Moliceiro, 2017)	28
5.5	Constituintes do Moliceiro (Mata, 2017).	29
5.6	Constituintes ilustrados do Moliceiro a desenvolver.	30
6.1	Modelo de Kano do jogo.	33
6.2	Diagrama de funções.	35
6.3	Diagrama de Componentes Físicos.	35
6.4	a) <i>Layout</i> em linha - inicial; b) <i>Layout</i> em U - final.	41
7.1	Fotorrealismos do primeiro CAD tridimensional das peças assembladas.	45
7.2	CAD Inicial legendado por peça.	46
7.3	Sequência de montagem das peças para a versão de CAD inicial.	47
7.4	Fotorrealismos do primeiro CAD tridimensional da caixa de transporte.	47
7.5	Fotorrealismos das peças de CAD Revisto.	49
7.6	Sequência de montagem das peças de CAD Revisto.	50
7.7	Fotorrealismo do Moliceiro <i>Lean</i> na Ria de Aveiro. (Farinha, 2017)	50
7.8	Diferentes tipos de encaixe entre peças: a) ponteira; b) lateral; c) pino; d) proa; e) banco + mastro; f) vela.	51
7.9	Fotorrealismos da Caixa de Transporte do jogo em CAD revisto.	52
7.10	Vistas explodidas do CAD revisto da Caixa de Transporte.	52

7.11	CAD do <i>Poka-Yoke</i> - as três peças constituintes.	53
7.12	Resultado do protótipo feito por impressão 3D.	54
10.1	Esquema de construção da vela.	80
10.2	Planificação da compartimentação da caixa de transporte.	81
10.3	Planificação dos cortes da folha de madeira para compartimentação da caixa de transporte.	82
11.1	<i>Mockup</i> do Folheto de Instruções do jogo.	83
11.2	<i>Mockup</i> do Manual do Utilizador - Parte 1.	84
11.3	<i>Mockup</i> do Manual do Utilizador - Parte 2.	85
12.1	Conjunto de fotografias relativas ao produto final - caixa de transporte. . .	89
12.2	Conjunto de fotografias relativas ao produto final - peças de jogo.	90
12.3	Conjunto de fotografias relativas ao produto final - moliceiro assembled. .	91
12.4	Conjunto de fotografias relativas ao produto final - conjunto total de jogo. .	91
A.1	FMEA do Produto.	108
B.1	Quotização instantânea para fabrico de todas as peças por impressão tri- dimensional de filamento de madeira - 200 microns.	109
B.2	Quotização instantânea para fabrico de todas as peças por impressão tri- dimensional de filamento de madeira - 100 microns.	110
B.3	Quotização instantânea para fabrico de cada peça em CNC pela Stratasys (página 1 de 3).	111
B.4	Quotização instantânea para fabrico de cada peça em CNC pela Stratasys (página 2 de 3).	112
B.5	Quotização instantânea para fabrico de cada peça em CNC pela Stratasys (página 3 de 3).	113
B.6	Quotização instantânea para fabrico da peça Banco Médio pela Rapid Machining.	114
C.1	Parâmetros de impressão definidos.	116
D.1	Páginas 1 e 2 de 12 do Folheto de Instruções.	118
D.2	Páginas 3 e 4 de 12 do Folheto de Instruções.	119
D.3	Páginas 5 e 6 de 12 do Folheto de Instruções.	120
D.4	Páginas 7 e 8 de 12 do Folheto de Instruções.	121
D.5	Páginas 9 e 10 de 12 do Folheto de Instruções.	122
D.6	Páginas 11 e 12 de 12 do Folheto de Instruções.	123
E.1	Página 1 de 48 do Manual de Instruções.	126
E.2	Página 2 de 48 do Manual de Instruções.	127
E.3	Página 3 de 48 do Manual de Instruções.	128
E.4	Página 4 de 48 do Manual de Instruções.	129
E.5	Página 5 de 48 do Manual de Instruções.	130
E.6	Página 6 de 48 do Manual de Instruções.	131
E.7	Página 7 de 48 do Manual de Instruções.	132
E.8	Página 8 de 48 do Manual de Instruções.	133

E.9	Página 9 de 48 do Manual de Instruções.	134
E.10	Página 10 de 48 do Manual de Instruções.	135
E.11	Página 11 de 48 do Manual de Instruções.	136
E.12	Página 12 de 48 do Manual de Instruções.	137
E.13	Página 13 de 48 do Manual de Instruções.	138
E.14	Página 14 de 48 do Manual de Instruções.	139
E.15	Página 15 de 48 do Manual de Instruções.	140
E.16	Página 16 de 48 do Manual de Instruções.	141
E.17	Página 17 de 48 do Manual de Instruções.	142
E.18	Página 18 de 48 do Manual de Instruções.	143
E.19	Página 19 de 48 do Manual de Instruções.	144
E.20	Página 20 de 48 do Manual de Instruções.	145
E.21	Página 21 de 48 do Manual de Instruções.	146
E.22	Página 22 de 48 do Manual de Instruções.	147
E.23	Página 23 de 48 do Manual de Instruções.	148
E.24	Página 24 de 48 do Manual de Instruções.	149
E.25	Página 25 de 48 do Manual de Instruções.	150
E.26	Página 26 de 48 do Manual de Instruções.	151
E.27	Página 27 de 48 do Manual de Instruções.	152
E.28	Página 28 de 50 do Manual de Instruções.	153
E.29	Página 29 de 48 do Manual de Instruções.	154
E.30	Página 30 de 48 do Manual de Instruções.	155
E.31	Página 31 de 48 do Manual de Instruções.	156
E.32	Página 32 de 48 do Manual de Instruções.	157
E.33	Página 33 de 48 do Manual de Instruções.	158
E.34	Página 34 de 48 do Manual de Instruções.	159
E.35	Página 35 de 48 do Manual de Instruções.	160
E.36	Página 36 de 48 do Manual de Instruções.	161
E.37	Página 37 de 48 do Manual de Instruções.	162
E.38	Página 38 de 48 do Manual de Instruções.	163
E.39	Página 39 de 48 do Manual de Instruções.	164
E.40	Página 40 de 48 do Manual de Instruções.	165
E.41	Página 41 de 48 do Manual de Instruções.	166
E.42	Página 42 de 48 do Manual de Instruções.	167
E.43	Página 43 de 48 do Manual de Instruções.	168
E.44	Página 44 de 48 do Manual de Instruções.	169
E.45	Página 45 de 48 do Manual de Instruções.	170
E.46	Página 46 de 48 do Manual de Instruções.	171
E.47	Página 47 de 48 do Manual de Instruções.	172
E.48	Página 48 de 48 do Manual de Instruções.	173

Parte I

Enquadramento e Revisão da Literatura

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Num mercado de trabalho cada vez mais competitivo, dinâmico e exigente, a formação deve ser vista como uma estratégia para o crescimento profissional e pessoal. Com a formação profissional aumenta-se e/ou adequa-se o conhecimento e as habilidades dos trabalhadores ao longo da vida. Uma formação constante depende muito do empenho do recetor mas também da forma como lhe são expostas/comunicadas as informações pelo formador.

A gamificação (do termo inglês ‘*gamification*’) é um método que pode ser usado para alcançar objetivos da formação usando elementos jogáveis para despertar interesse, aumentar a participação, desenvolver a criatividade e a autonomia, promover o diálogo e colocar os formandos a resolver situações-problema.

Este trabalho pretende contribuir com conhecimento acerca de como aplicar o conceito de gamificação à formação empresarial em metodologias *lean*. Dada a versatilidade de formas e feitios que constituem o moliceiro, para além de este ser um símbolo da cidade de Aveiro, foi simples a opção por este tipo de barco como objeto principal para a formação através da gamificação.

O resultado foi a criação e desenvolvimento de um jogo único e completo (ao nível da quantidade de conceitos teóricos implementados), pensado a partir de aspetos teóricos que se foram encadeando até chegados a uma forma final física - réplica de um barco moliceiro que pode ser manipulado e jogado nas ações de formação profissional em *lean*.

1.2 Objetivos

O principal objetivo desta dissertação foi projetar e desenvolver um jogo para ser usado em formações de trabalho sobre metodologias *lean*, para suplantarmos a necessidade estabelecida pela RM Consulting de ter uma ferramenta deste tipo. O desenvolvimento deste trabalho, coincide com o realizado durante o estágio curricular e incluiu:

- A parte concetual do jogo;
- A definição de tempos e quantidades de rondas;
- O desenvolvimento CAD 2D e 3D (modelação virtual);

- A definição dos materiais a usar e processos produtivos associados;
- A orçamentação do produto;
- A sua construção física;
- Teste;
- Elaboração do dossier técnico.

Pretendeu-se percorrer todo o percurso de desenvolvimento do produto desde a fase do delineamento prévio do jogo até à sua produção física e teste. No processo, tentam-se garantir as principais características da gamificação, como por exemplo, a importância do jogo conter uma componente estética bem vinculada e atrativa. Além disso, outro aspeto a ter em consideração é que o jogo não deverá gerar desperdício, tal como preveem as metodologias *lean*.

1.3 Estrutura da Dissertação

Este documento está dividido em três partes: Enquadramento e Revisão da Literatura, Desenvolvimento do Produto e, Resultados e Discussão. Neste primeiro Capítulo faz-se a Introdução ao trabalho. O Capítulo 2 é dedicado às metodologias *lean*, dando espaço para o seu enquadramento histórico, aos seus conceitos teóricos (o que é o *lean*) e em que se materializa. O Capítulo 3 aborda a noção de gamificação, a sua importância na formação de pessoas e profissionais e o recente crescimento da sua utilização. O Capítulo 4 contém uma breve análise ao estado da arte, tendo sido selecionados e escrutinados alguns jogos existentes (alguns de âmbito geral e outros exclusivos, desenvolvidos na RM Consulting).

A segunda parte encontra-se dividida em 7 (sete) capítulos para estabelecer as etapas sequenciais de desenvolvimento percorridas ao longo do estágio, as quais foram definidas no primeiro dia do mesmo com a realização de um diagrama de Gantt. No primeiro capítulo faz-se a definição do produto, seguido da conceção e projeto. Nos outros capítulos seguem-se a modelação virtual e a definição dos materiais bem como a definição dos processos produtivos e/ou incorporação do produto. Posteriormente estará a orçamentação/custeio, a planificação da produção e a elaboração do dossier técnico.

Na terceira parte aborda-se o resultado obtido, seguido da fase de teste do produto e tecem-se algumas considerações finais acerca do trabalho.

Capítulo 2

Metodologias *Lean*

2.1 Conceito Teórico

Lean é uma filosofia prática e de pensamento que se baseia nos reconhecidos princípios e métodos do Sistema Toyota de Produção para fazer funcionar toda uma organização. É um sistema de negócio holístico, que parte do entendimento do seu objetivo (valor para o cliente), do desenho e gestão de processos de forma eficiente, e da forma de aproveitar ao máximo as pessoas. Os seus três principais princípios subjacentes são (Instituto Lean Management, 2010):

- Atuar segundo objetivos delineados;
- Respeitar todas as pessoas;
- Melhoria contínua.

Estas filosofias são utilizadas para identificar e eliminar os oito tipos de desperdícios nos processos, nos produtos e na organização (Gonçalves, 2010):

1. Excesso de Produção;
2. Inventário;
3. Transporte;
4. Movimento;
5. Tempo de Espera;
6. Sobre processamento;
7. Correção de defeitos/falhas;
8. Desperdício da criatividade dos colaboradores (imaterial).

O oitavo desperdício, raramente é mencionado pela bibliografia; no entanto, a utilizada (Liker, 2005) considera-o. Todos os colaboradores possuem competências inatas, ou

até competências adquiridas com as experiências e situações vivenciadas, sendo que muitas vezes estas ideias podem melhorar processos, gerar novas sugestões ou simplesmente permitir alargar o leque de hipóteses.

Desta forma, estas estratégias baseadas em filosofias *Lean*, pretendem orientar uma determinada organização a ser capaz de produzir as coisas certas, no local certo, no tempo certo e nas quantidades desejadas, eliminando as atividades que não acrescentem valor ao produto; no entanto, as mesmas não deixam de ser tolerantes e flexíveis a possíveis mudanças por parte dos clientes.

Na figura 2.1 encontram-se esquematizados os 5 princípios da Filosofia *Lean*, sendo que de seguida serão individualmente especificados - ao nível do que são e do que constituem.

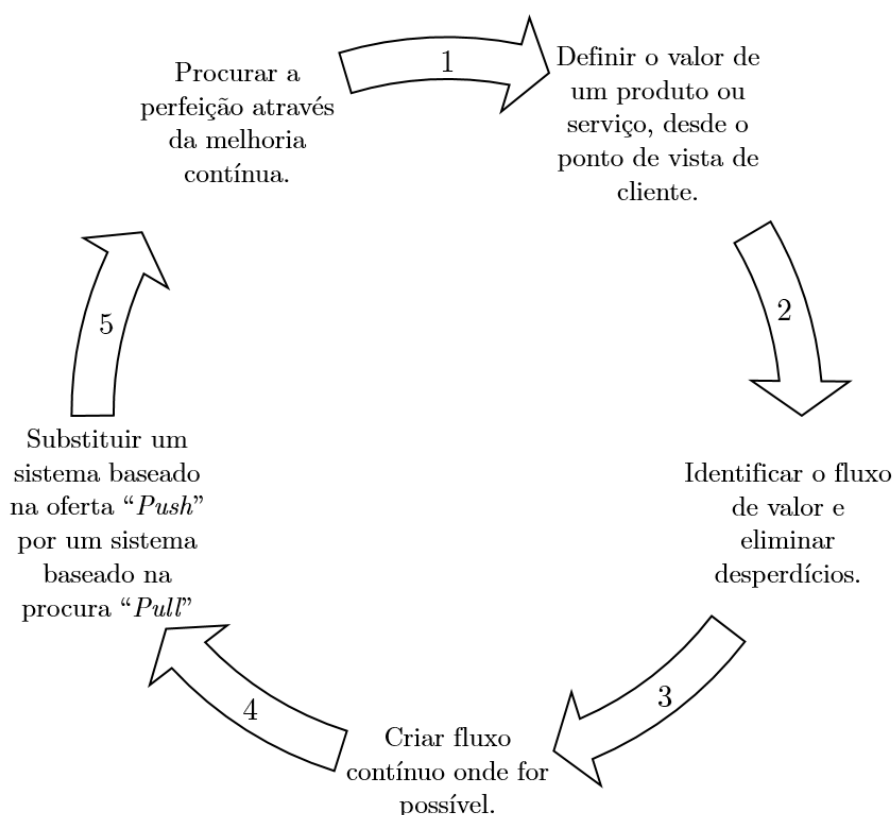


Figura 2.1: Os 5 princípios da filosofia *Lean* (Instituto Lean Management, 2010).

1) O Valor - definir valor do ponto de vista do cliente

O valor é uma qualidade que confere às coisas, aos feitos ou às pessoas uma estimativa, seja ela positiva ou negativa. Para o idealismo objetivo, o valor encontra-se fora das pessoas; para o idealismo subjetivo, em contrapartida, o valor encontra-se na consciência (isto é, na subjetividade das pessoas que fazem uso do valor). Para a corrente filosófica do materialismo, a natureza do valor reside na capacidade do ser humano em valorizar o mundo de forma objetiva.

Uma das coisas mais difíceis de definir é o valor que um produto deverá ter. Por norma, as empresas partem da soma do custo com o lucro para obterem o valor do que estão a produzir, predefinindo assim a quantia de dinheiro que tencionam ganhar.

A metodologia *lean* diz precisamente o contrário, ou seja, o lucro é que é calculado - ao invés de decidido previamente - pela subtração do custo de produção ao preço de venda. Na Figura 2.2 encontra-se ilustrado um esquema que compara as duas formas de obter valor.

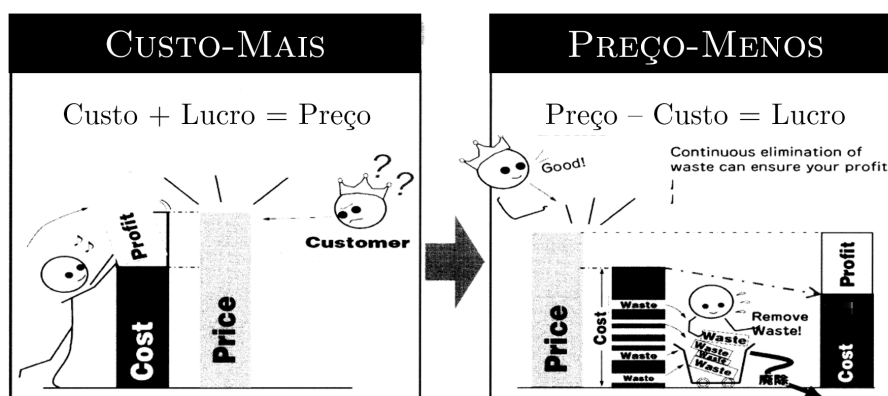


Figura 2.2: Ilustração das duas formas de calcular o valor do produto - tradicional e *Lean* (Adaptado de Instituto Lean Management, 2010).

Desta forma pode resumir-se que o objetivo da organização é oferecer produtos/serviços que permitam solucionar problemas do cliente, sendo que estes comprarão o produto se lhe identificarem o acréscimo de valor que procuram. O valor expressa-se em termos de segurança, qualidade, entrega e custo. E, por isso há que compreender as necessidades do cliente, para saber onde focalizar as melhorias de processo.

Contudo o valor nem sempre é de fácil definição. Com efeito, a capacidade de sair do pensamento tradicional (*'think out of the box'*) baseado nos próprios recursos e habilidades, tal como uma má tradução/interpretação daquilo que o cliente considera como valioso, pode dificultar esta tarefa da definição do valor. O contexto em que se encontra o cliente, situação, tempo, localização, etc. também são fatores que acrescentam dificuldade.

2) Fluxo de Valor - identificar o fluxo de valor e eliminar desperdícios.

Ohno (1997), afirmou acerca do Sistema Toyota de Produção que o que faziam era focarem-se na linha de tempo, desde o momento em que o cliente faz o pedido até ao momento do pagamento pelo produto/serviço, tentando reduzir o tempo total através da eliminação/redução das atividades que não acrescentem valor (desperdícios).

Um fluxo de valor é o conjunto de todas as atividades requeridas para transformar um produto/serviço através dos 3 fluxos críticos de gestão, em qualquer organização:

- Tarefas de resolução de problemas - Fluxo de tempo;
- Tarefas de gestão de informação - Fluxo de informação;
- Tarefas de transformações físicas - Fluxo de material;

Desta forma, tem-se que a análise do fluxo de valor demonstra três tipos de atividades:

- De valor acrescentado;

- Que não acrescentem valor mas que sejam necessárias (não podem eliminar-se);
- Que não acrescentam valor e que podem ser eliminadas.

Nas metodologias *lean*, o foco é centrado na criação de fluxo de valor através da eliminação de desperdícios, ao passo que a produção convencional baseia-se no valor acrescentado (figura 2.3).

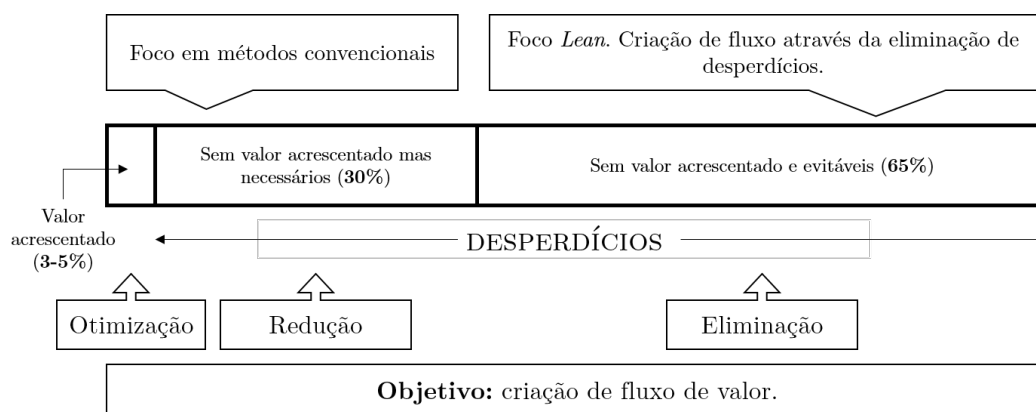


Figura 2.3: Esquematização dos focos nos quais se baseiam as filosofias tradicional e *Lean* (Adaptado de Instituto Lean Management, 2010).

No que toca aos desperdícios, para que se proceda à sua eliminação é necessário que haja a sua identificação prévia. A literatura identifica os sete tipos de desperdícios convencionais (Lean Manufacturing Tools, 2017):

- **Superprodução:** produzir demais, fazê-lo antes da procura do cliente. Contribui para os restantes seis desperdícios;
- **Inventário:** matéria prima, produtos acabados ou em desenvolvimento que ainda não acrescentaram valor;
- **Tempos de espera:** trabalhadores parados devido aos tempos de ciclo da máquina, falhas de equipamentos, partes em reparação, etc.;
- **Movimento:** movimento desnecessário de pessoas, peças ou máquinas durante um processo;
- **Transporte:** mover partes, produtos, informação ou pessoas entre projetos;
- **Correção:** defeitos, inspeções, desperdício e trabalho corretivo;
- **Sobre-processamento:** produzir/trabalhar desnecessariamente ou processar incorretamente.

Desta forma, torna-se essencial para que uma empresa se consiga comportar de forma *lean*, que identifique e elimine todos os tipos de desperdícios que possui. Por vezes, uma pequena mudança e uma atenção para os pequenos detalhes, ajudará ao alcance da melhoria e no acréscimo da rentabilização do negócio - procura essencial para grande parte das empresas.

3) Criar fluxo - criar fluxo contínuo onde for possível.

Criar fluxo implica levar a cabo todas as atividades de valor acrescentado no menor tempo possível (*lead time*), incluindo o facto de não haver inventários entre elas. Sendo que idealmente o acréscimo de valor dado ao produto é feito continuamente.

Uma das estratégias a que se pode recorrer de forma a criar fluxo é produzir e mover um item de cada vez (ou um lote pequeno adequado) através de uma série de etapas, da maneira mais contínua possível de forma a cumprir o *Takt Time* (tempo disponível para a produção, dividido pela procura do mercado). Assim, cada etapa fará somente aquilo que for estritamente necessário para que se possa passar à etapa seguinte.

4) *Pull* - substituir um sistema baseado na oferta (*push*) por um sistema baseado na procura (*pull*).

Pull (do inglês puxar), significa produzir de acordo com os pedidos do cliente; entregar ao cliente quando este o quiser, na quantidade certa e de acordo com o pedido. É um método de controlo de produção em que as atividades de fim de fluxo ‘enviam um pedido’ com as suas necessidades, às atividades primárias.

Por contradição, o conceito oposto ao *Pull* é o sistema *Push* (do inglês empurrar), em que os processos anteriores empurram o que produziram para o processo seguinte, até chegar ao cliente. Assim, e porque muitas vezes a produção não vai de encontro ao que o cliente procura/precisa, gera-se superprodução e aumento dos *stocks*.

5) A perfeição - procurar a perfeição através da melhoria contínua.

A perfeição na produção está associada a um processo que acrescenta valor, conforme o definido pelo cliente sem qualquer tipo de desperdício. No fundo, deverá significar o norte da empresa - o objetivo máximo.

É na procura da perfeição que entra um dos conceitos fortes do *lean*, o *Kaizen* (melhoria contínua). Há então um ciclo de melhoria contínua, Ciclo de Deming, *Plan-Do-Check-Adjust/Act* (Figura 2.4), baseado em métodos científicos e que consiste em propor mudanças dentro de um processo, implementá-las, medir os resultados e levar a cabo as ações correspondentes adequadas.

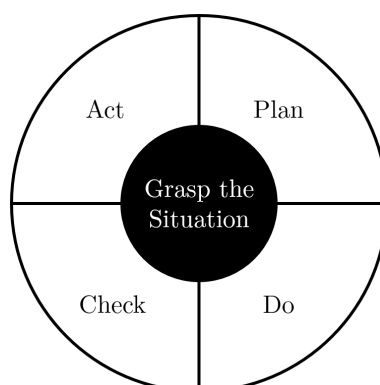


Figura 2.4: Esquematização do ciclo de melhoria contínua *Plan-Do-Check-Adjust* (Instituto Lean Management, 2010).

2.2 Enquadramento Histórico

O conceito de *Lean Manufacturing* surgiu nos anos 50 do século anterior, no Japão no seio de uma empresa familiar - Toyota. Hoje é um dos sistemas de produção mais competitivo e com elevados índices de qualidade.

Nos finais do século XIX surgiam novos princípios de produção *lean* por parte de Sakichi Toyoda (1867-1930), descendente da família Toyoda que era proprietária dos teares *Toyoda Spinning and Weaving Co. Ltd.* E terá sido Sakichi a introduzir o conceito *Jidoka* - automação com participação humana (Liker, 2005).

Com o passar dos anos foi aperfeiçoando este conceito - com a ajuda do seu filho, Kiichiro Toyoda - até que em 1924 construiu o primeiro tear mecânico de alta velocidade, conseguindo eliminar os desperdícios de matéria-prima (resultados dos teares manuais da época) e ainda acrescentou o sistema *Poka-Yoke* nas suas máquinas. Ou seja, a máquina parava automaticamente assim que um fio partisse. Desta forma, a família Toyoda necessitava apenas de um operador por cada trinta teares.

Os teares automáticos fizeram bastante sucesso, fator que levou a família Toyoda a vender a sua empresa de forma a investir no ramo automóvel. Surge a *Toyota Motors Company*, em 1937, cuja produção arrancou com o fabrico de veículos militares para a participação da armada japonesa na Segunda Guerra Mundial. Este evento obrigaria a empresa Toyota a interromper as sua atividade normal e a retomar após o término da guerra, focada na produção de automóveis pesados de mercadorias, em grande escala.

Um importante colaborador da Toyota e responsável pela empresa era o sobrinho de Sakichi, Eiji Toyoda. Eiji terá sido quem se deparou com a procura por parte do mercado de um cada vez maior leque de produtos, desde carros de luxo até pequenos pesados de mercadorias, constrangidos a ter baixos consumos dado o elevado preço dos combustíveis.

Tendo em conta a situação real do país e a mão de obra disponível, totalmente japonesa, Eiji e o seu companheiro Taiichi Ohno decidiram visitar a fábrica de produção em massa americana de Henry Ford. Analisaram a fundo esta empresa para se inspirar e criar um novo sistema de produção que eliminasse por completo os desperdícios que as empresas, como a Ford, tinham em quantidade.

O conceito base seria produzir o necessário, nas quantidades desejadas e só quando fosse pedido (*just-in-time*). Sendo que o aumento do *know-how* dos colaboradores era um dos focos da empresa. Nasce então o Sistema Toyota de Produção ou *Lean Manufacturing* como será conhecido mais tarde (Womack et al., 1992).

Taiichi Ohno pretendia implementar um sistema de redução sistemática de desperdícios, produzindo uma grande quantidade de lotes de pequenas dimensões ajustados à procura dos clientes. No entanto, isto significava um acréscimo na exigência de conhecimento e na sensibilidade na deteção/correção de erros por parte dos trabalhadores.

A Toyota Motors Company terá sido a empresa que teve mais facilidade em sair da crise (pós crise do petróleo de 1973 seguida de recessão económica). Este fator terá despertado interesse por parte de outros construtores automóveis a nível mundial e terá levado a que o Sistema Toyota de Produção (TPS) fosse considerado, à escala global, como uma filosofia de produção muito mais viável e rentável do que a utilizada até à data.

Segundo Womack, et al. (1992) foi em 1984 que a *General Motors Corporation* acordou uma *joint-venture* com a *Toyota Motors Company* criando em conjunto a NUMMI - *New United Motor Manufacturing Incorporated*. Esta sociedade resultou do interesse por

parte da Toyota em entrar no mercado americano e da General Motors ter a possibilidade de adquirir *know-how* acerca do TPS. Como expectável surgiram algumas barreiras de ordem linguística e cultural. Mas, com a vontade de ambas as partes a NUMMI tornou-se referência de qualidade na indústria automóvel dos Estados Unidos da América.

Atualmente os princípios de produção *lean* encontram-se implementados, não só na indústria automóvel, mas também, nas operações e serviços, tais como hospitais, agências de seguros, agências governamentais, produtos de alta tecnologia, instalações de produção de petróleo, tecnologias de informação, etc. Isto é válido porque os princípios *lean* podem adaptar-se a qualquer tipo de organização, uma vez que o seu foco principal é melhorar o desempenho das empresas, apoiando-se nos colaboradores e respetivos conhecimentos, eliminando todos os desperdícios e adaptando-se às realidades de ambientes específicos. (Corbett, 2007)

2.3 *Lean* na Prática - *Lean Thinking*

A designação *lean thinking* (do português, pensamento magro), como conceito de liderança e gestão empresarial foi usada pela primeira vez em forma de título de obra literária de referência por Womack et al. (1992). Desde então, usa-se o termo como referência à filosofia de gestão e liderança que tem por objetivo a sistemática eliminação do desperdício e a criação de valor - um dos paradigmas de gestão mais bem sucedidos de sempre.

Um conjunto de ferramentas e métodos práticos foi desenvolvido ao nível operacional para apoiar o pensamento *lean*. Entre estas ferramentas há por exemplo: 5S; Redução de lotes; *Layout* em U; Análise de fluxo de valor; Supermercado; *Poka-Yoke*.

É importante compreender que o *lean thinking* não é apenas um conjunto de práticas que usualmente se encontram no chão de fábrica, mas antes uma mudança cultural profunda na maneira como as pessoas e a organização pensam e se comportam. Os resultados são conseguidos através de práticas sustentadas por um conjunto de convicções e princípios que são compreendidos e adotados.

Numa organização *lean* toda a gente está focada na identificação e eliminação de todas as fontes de desperdício e ineficiências. Olha-se para o mundo através dos olhos do cliente e procura-se satisfazer-lhe as expectativas (e, até, superá-las). O verdadeiro poder de transformação do pensamento magro só é conseguido se for aplicado em toda a organização e, posteriormente, a toda a cadeia de fornecimento (Pinto, 2014).

De seguida serão enfatizadas/explicadas as ferramentas teóricas *lean*, enunciadas anteriormente e que serão utilizadas mais tarde, aquando da criação do jogo.

2.3.1 5S

5S é uma metodologia que ajuda a organizar, limpar, desenvolver e manter um ambiente de trabalho produtivo e deve ser das primeiras técnicas a aplicar numa organização que pretenda formar uma base de trabalho para adoção das restantes ferramentas. Desenvolvida no Japão, esta técnica baseia-se em cinco etapas com designações começadas pela letra S e que se encontram esquematizadas na Figura 2.5.

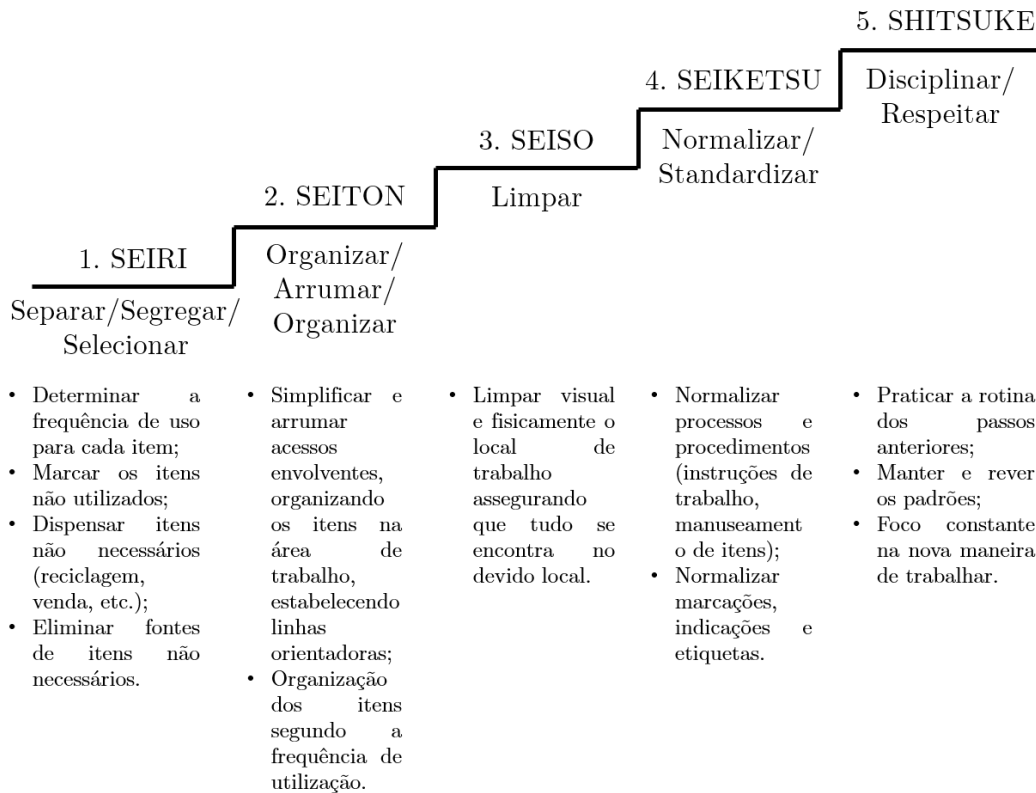


Figura 2.5: Esquematização dos 5S: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke* (Mascarenhas, 2013).

2.3.2 Redução de Lotes

A redução do tamanho de um lote consiste na diminuição da quantidade de material pedido ou requisitado. Habitualmente, para que se consiga completar uma paleta de material, há uma espera - por parte da entidade seguinte - proporcional ao tamanho do lote; a diminuição deste tamanho permite uma resposta mais célere e imediata ao pedido do cliente.

Assim, a redução de lotes tem como objetivo ideal a produção unitária (*one piece flow*), flexibilizando e agilizando o processo que vai desde o pedido do cliente até à entrega do produto final.

2.3.3 *Layout* em U

Num *Layout* em U, as máquinas e estações de trabalho são dispostas - tal como o nome indica - em forma de U, pela ordem aproximada em que as operações de produção são realizadas e seguindo uma lógica de fluxo linear. Os operadores trabalham dentro do U, sendo que o mesmo operador pode supervisionar a entrada e saída da linha. O espaço central do U torna-se assim, uma área de troca de informações e de aprendizagem mútua (Miltenburg, 2001).

Este tipo de *layout* explora a sua geometria, visando minimizar distâncias e, consequentemente, o tempo de transporte de materiais e movimentação de operadores (Mil-

tenburg, 2001).

2.3.4 Análise de Fluxo de Valor

Segundo Mascarenhas (2013), o mapeamento de fluxo ou cadeia de valor é uma ferramenta *lean* utilizada para analisar e descrever os fluxos de materiais e informações necessários para fazer chegar um determinado produto ou serviço a um cliente.

Dentro da análise de fluxo de valor há, por exemplo, o *value stream mapping*, uma técnica que permite ter uma visualização ampla e completa de todo o processo produtivo, representando todos os fluxos de informação e material envolvidos no processo. O objetivo principal desta ferramenta é a identificação dos desperdícios e das suas fontes. As etapas do mesmo encontram-se representadas na Figura 2.6.

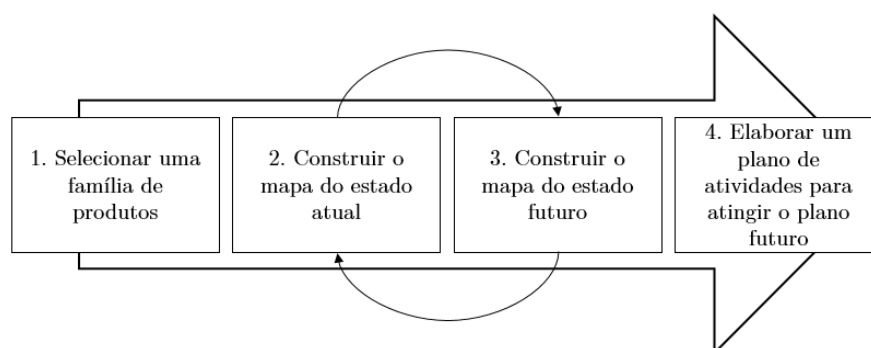


Figura 2.6: Etapas VSM (Rother & Shook, 1999).

2.3.5 Supermercado

O local onde o inventário é mantido, por forma a fornecer processos a jusante (Lean Enterprise Institute, 2017).

Este conceito funciona da mesma maneira que o convencional supermercado, ou seja, os bens necessários estão dispostos em prateleiras de forma organizada e ordenada, separados por categorias (cor, tipo, função, etc.) e dispostos de forma a que haja uma fácil identificação dos mesmos aliada a uma prática utilização. Assim, quando um colaborador necessitar de uma determinada ferramenta saberá precisamente a sua localização.

O local onde o processo se abastece e onde deixa informações ao seu fornecedor. Assim, dá-se um fluxo de troca de material por informação.

2.3.6 *Poka-Yoke* - Qualidade na origem

Partindo do significado da palavra *Poka-Yoke* de origem japonesa - “mecanismo anti erro” - consegue-se perceber que esta ferramenta é uma método de garantia de qualidade que controla um padrão definido e que após um número pré-definido de erros (padrão não correspondente) emite um alerta.

O princípio de funcionamento é simples e baseado no passa/não passa; há assim um objeto físico que permite ou não a passagem de um determinado objeto, garantindo

que o mesmo se encontra corretamente dimensionado, tal como ilustrado na Figura 2.7 (adaptada de Paranjape, 2015).

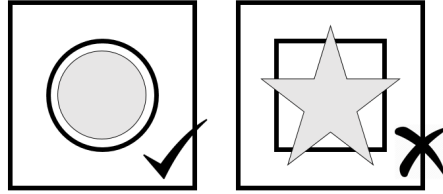


Figura 2.7: Ilustração do funcionamento de um sistema de controlo de qualidade na origem - *Poka-Yoke*.

Capítulo 3

Gamificação

“Se brincamos e jogamos, e temos consciência disso, é porque somos mais do que simples seres racionais, pois o jogo é irracional”.

Johan Huizinga (2000, p.7)

3.1 Conceito teórico

A gamificação é considerado um fenómeno emergente que deriva diretamente da crescente popularização dos jogos e das suas capacidades intrínsecas de motivar a ação, resolver problemas e potencializar aprendizagens nas mais diversas áreas do conhecimento e da vida dos indivíduos (Papert, 2008).

Segundo Deterding et al. (2011) e citado por Carvalho et al. (2014), a palavra ‘gamificação’ surge em artigos pela primeira vez em 2008, mas só em 2010 passa a apresentar maior frequência. É, por isso, um conceito recente que apesar da muita curiosidade que suscita, carece ainda de ser esclarecido e mais aprofundado. Tanto os jogos como a gamificação são apresentados no NMC Horizon Report 2014 como um dos importantes desenvolvimentos a implementar no ensino superior a médio prazo (de 2 a 3 anos) (Johnson et al., 2014).

Numa primeira abordagem pode-se referir que a gamificação é simplesmente fazer uso das mecânicas de um jogo, para tornar a aprendizagem mais divertida (Kapp, 2012). Esta é a própria essência dos jogos, a capacidade de tornar algo como uma experiência que nos dá satisfação e é divertida.

Para Koster (2005), um jogo gera satisfação porque se aprende com ele, pois ‘aprender é uma droga’ natural para o nosso cérebro. O organismo humano, por uma questão de sobrevivência, necessita de aprender o máximo que conseguir e sempre que se ultrapassarem desafios é porque efetivamente se foi alvo de um processo de aprendizagem, havendo de imediato uma compensação com a sensação de satisfação.

Segundo Werbach & Hunter (2012), gamificação pode ser definida pelo uso de elementos jogáveis em contextos não jogáveis. Ou seja, utilizam-se pontos, níveis, missões e técnicas de *design* que o tornam envolvente e divertido em contextos que não são de jogo, e onde o objetivo não é apenas a diversão pelo prazer de jogar mas uma mudança de ação, uma aprendizagem, uma ação de formação teórica dos jogadores.

Na definição de gamificação, Huotari (2012) sublinhou a sua importância na invocação das mesmas experiências psicológicas que os jogos (geralmente) fazem. Por outro lado,

Deterding et al. (2011), enfatizam que as possibilidades implementadas na gamificação devem ser as mesmas usadas nos jogos, independentemente dos resultados.

A literatura é unânime, sendo que a maioria das definições realçam a importância de criar efeitos semelhantes à experiência de jogo. Ainda assim, Kapp (2012) vai mais longe e refere que gamificar é usar mecânicas, estéticas e pensamentos de jogos para cativar pessoas, motivar ações e promover aprendizagens. Ou seja, o autor acredita que a gamificação é basear o pensamento, a estética e a mecânica dos jogos como forma de cativar, motivar e promover aprendizagens e resolução de problemas em pessoas.

A ideia base de ‘*nongame context*’ é detalhada, onde se pretendem criar situações que envolvam as pessoas que são alvo da gamificação, de forma a poder motivá-las a agir de uma forma específica ou a promover experiências de aprendizagem e de resolução de problemas.

Um dos problemas que afeta tanto os jogos educativos como a gamificação é o efeito da novidade - causadora de grande impacto inicial, mas que com o desenrolar do tempo poderá levar à desatenção e desinteresse (Hamari et al., 2014; McGonigal, 2011). Koster (2005) defende que, quando algo está adquirido passa a ser monótono, o organismo humano tem necessidade de investir a sua energia em situações que proporcionem aprendizagem, sendo que quando esta é adquirida esse esforço deixa de fazer sentido.

Por esse motivo também, os processos de gamificação necessitam de renovações ou de um *design* que promova uma contínua experiência que inove e desafie. Para que isto ocorra é necessário o domínio dos mecanismos que compõem os jogos, devendo ter experiência a jogá-los. Só se conhecerão os efeitos destes e se poderá formular uma opinião crítica sobre eles se houver experimentação na primeira pessoa (Gee, 2003; Squire, 2011; Kapp, 2012).

3.2 Perceção e Objetivo

A Tabela 3.1 adaptada de Martins Jansons (2016), reflete as diferenças de comportamentos e de reações das pessoas face ao tipo de fonte. Da sua análise é possível concluir que a realização de tarefas é divertida em jogos e maçante em situações de trabalho convencional.

Tabela 3.1: A perceção humana da gamificação em contexto de trabalho.

	TRABALHO	JOGO
Tarefas	Repetitivo, maçante	Repetitivo, divertido
Feedback	Uma vez por ano	Constante
Objetivos	Contraditórios, vagos	Claros
Caminho p/ domínio	Não claro	Claro
Regras	Não claras, não transparentes	Claras, transparentes
Informação	Demasiada e insuficiente	A quantidade certa no momento certo
Falha	Esquecida, punida, não se fala sobre isso	Expectável, encorajada, espetacular, motivo de conversa
Motivação dos funcionários	Escondida	Transparente
Promoção	“ <i>Kiss-up-o-gracy</i> ”	Mérito
Colaboração	Sim	Sim
Velocidade/Risco	Baixa	Alta

Ao nível de gamificação, o *feedback* é constante e os objetivos, o caminho para o domínio e as regras são claros, contrastando com a realidade vivida no trabalho. Assim,

a percepção ao nível de aprendizagem torna-se muito mais fácil e intuitiva se for feita através de elementos jogáveis, capazes de captar atenção, permitir respostas e raciocínios rápidos e de certa forma integrar na prática aquilo que por norma se aprende através de teoria.

Como afirmava Benjamin Franklin, *“diga-me e eu esquecerei, ensine-me e eu poderei lembrar-me, envolva-me e eu aprenderei”* (Instituto Jetro, 2017) e é esta envolvimento que se pretende e se consegue de forma mais rápida com a utilização de elementos jogáveis.

No que concerne à gamificação, enquanto forma de construir um jogo, há também um quadro resumo de Martins Jansons (2016) que divide em seis etapas/questões a construção do mesmo e que se encontra representado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Guia para o desenvolvimento de elementos de formação através de gamificação por Martins Jansons (2016).

1. UM OBJETIVO REAL OU UM PROBLEMA?! PROCESSO DE ESTUDO, PRODUTIVIDADE, TRABALHO DE EQUIPA, DESCANSO, LEALDADE, ALTRUÍSMO, ETC.	2. COMPORTAMENTO COMO ALCANÇAR O OBJETIVO? A. QUAL É O GUÍA DE COMPORTAMENTOS PARA ALCANÇAR O OBJETIVO? B. QUAL É A SUA SEQUÊNCIA?	3. JOGADORES QUEM? PERSONALIDADE DOS JOGADORES E OS SEUS PAPÉIS A. QUEM SÃO? B. O QUÊ QUE GOSTAM OU QUEREM?
4. DINÂMICA PORQUÊ QUE ELES VÃO PARTICIPAR? A. QUAL É A MOTIVAÇÃO DO JOGADORES? B. O QUÊ QUE ELES VÃO GANHAR? C. O QUÊ QUE QUERIA DIVERTIMENTO?	5. MECÂNICA O QUÊ QUE VAI CAPTAR AS ATENÇÕES? INSTRUMENTOS: APPS, WEBSITE, OBJETOS FÍSICOS, FOLHETOS, EVENTOS, MEETINGS, CHAMADAS, RECOMENDAÇÕES.	6. SUCESSO COMO É QUE MEDIMOS O SUCESSO? A. QUAIS SÃO OS INDICADORES? B. COMO É QUE SÃO MEDIDOS? C. QUEM É O RESPONSÁVEL?

A primeira questão é perceber qual o verdadeiro objetivo a alcançar ou o problema que se pretende solucionar. Em segundo lugar, deverá identificar-se o tipo de comportamento a adotar para alcançar o objetivo definindo a sequência de etapas a percorrer. Em terceiro, quem são os jogadores, qual a sua personalidade e quais os seus objetivos; é importante perceber de jogo para jogo qual o público alvo, de forma a proporcionar a melhor aprendizagem possível. Em quarto lugar, definir muito bem a dinâmica do jogo, a forma como os jogadores participarão. A mecânica de como é desenrolado o jogo, quais são os seus constituintes, se são atrativos ou não ao toque, se as cores são apetecíveis, se o jogo chama a atenção e cativa o jogador, como é que o jogo se desenrola é a quinta etapa. Por fim, definir os indicadores de sucesso do jogo, ou seja, criar um conjunto de medidas que permitam classificar/quantificar o resultado do jogo.

3.3 Gamificação em Contexto Empresarial

Na sociedade atual convivemos com o rápido avanço tecnológico que transforma padrões, originando obstáculos também nunca vistos. Uma rotina exaustiva, formada por novas tendências, cenários em transformação constante e novas procuras (Parodi, 2015), onde,

em tempos de economia globalizada, a capacidade das empresas em inovar, representa uma vantagem competitiva, e é também um fator estratégico para a sustentabilidade do negócio (Dutra, 2013).

A motivação dos integrantes da organização é importante, contudo não é um problema fácil de resolver em ambientes corporativos (Husman & Lens, 1999). Manter uma equipa considerada de alto desempenho não é uma tarefa simples para as empresas, principalmente, tendo em conta a grande competitividade e o imediatismo em que a atual sociedade se encontra (Zuini, 2012).

A gamificação ganha cada vez mais adeptos na área do *marketing*, levando a que muitas empresas invistam nesta forma de cativar clientes. Segundo Goasduff & Pettey (2011) em 2015, mais de 50% das organizações que gerem processos de inovação vão gamificar esses processos, de acordo com a Gartner Inc. Em 2014 o serviço gamificado na comercialização de bens de consumo e retenção de clientes vai-se tornar tão importante quanto o Facebook, o eBay ou Amazon, sendo que mais de 70% das organizações pertencentes ao Global 2000 vão ter pelo menos uma aplicação de gamificação.

Isto significa que as grandes organizações empresariais mundiais se encontram a utilizar a gamificação como forma de cativar o seu público alvo. Desde 2010, momento a partir do qual esta estratégia ressurgiu com o conceito que é utilizado atualmente, muitas empresas lançaram grandes projetos de gamificação.

Capítulo 4

Gamificação em metodologias *lean*

Para assegurar a adoção da gamificação pelas partes interessadas nos sistemas de melhoria contínua, o sistema deve incluir um objetivo pré-lusório (objetivo mais amplo) e regras constitutivas de forma a promover uma atitude lúdica entre os usuários (superação voluntária de obstáculos desnecessários porque se preocupa com o objetivo do jogo e com as suas regras).

Neste capítulo serão analisados tanto os jogos criados/adaptados pela RM Consulting como alguns jogos universais. Nas tabelas seguintes encontram-se para cada jogo uma descrição do mesmo, as ferramentas *lean* abordadas e uma análise individualizada. Ao todo serão analisados nove jogos - considerados relevantes ao nível de formação em metodologias *lean*.

Tabela 4.1: Análise individual do jogo Caixa de Bonecos.

JOGO	OBSERVAÇÕES	FERRAMENTAS <i>LEAN</i> ABORDADAS	ANÁLISE
Caixa de Bonecos - RM Consulting	Protótipo digital que consiste na construção e simulação de duas linhas de montagem distintas - a primeira baseada no sistema de produção em massa e a segunda utilizando ferramentas <i>lean</i> - testando no fim a linha otimizada e fazendo comparações (tempo, satisfação dos operadores) entre as três linhas. Simulação de uma fábrica de bonecos (conjunto de peças assembleáveis entre si), capaz de produzir 9 (nove) tipos diferentes.	<ul style="list-style-type: none">• Redução de lotes;• Sistemas <i>Pull</i> ;• <i>Layout</i> em U e <i>Gemba</i>;• 5S;• Supermercado;• Operador logístico;• <i>Poka-Yoke</i>;• <i>Kanban</i>.	Em relação a este jogo, a ideia do mesmo é bastante completa. Consegue abordar uma vasta quantidade de conceitos <i>lean</i> de forma interativa. É capaz de mostrar <i>in loco</i> as diferenças ao nível de tempo, existentes entre os vários métodos de produção. Mais se acrescenta que apesar de ser um protótipo haverá ainda espaço a melhorias ao nível da apresentação, tanto da componente teórica (regras do jogo/instruções, VSM, ...) como física (bonecos, caixa); os materiais e os processos de fabrico encontram-se também ainda por definir. O dossier contém desenhos técnicos e medidas de peças não estandardizadas que dificultarão o seu fabrico, sendo portanto um aspeto a melhorar.

Tabela 4.2: Análise individual dos jogos - Caixa de Papel, *Lean Bicycle Factory* e Barco de Papel.

JOGO	OBSERVAÇÕES	FERRAMENTAS <i>LEAN</i> ABORDADAS	ANÁLISE
Caixa de Papel - RM Consulting	Protótipo não testado, com o mesmo tipo de funcionamento do jogo anterior, que faz uso das convencionais peças Lego para demonstrar a importância da otimização da produção, através de ferramentas <i>lean</i> . Tal como no jogo anterior, há uma comparação entre sistemas de produção em massa e sistemas <i>lean</i> , através da contagem do tempo e de custos.	<ul style="list-style-type: none"> • 5S • <i>Layout</i> em U; • Posto de qualidade; • Supermercado; • Sistemas <i>Pull</i>; • <i>Poka-Yoke</i>; • <i>Kanban</i>. 	Quando comparado com o jogo anterior facilmente se conclui que é uma ferramenta mais organizada e melhor explicada. Sem dúvida um jogo bastante completo, que recorre a variadas ferramentas <i>lean</i> , introduzindo-as sempre de forma prévia para que depois possam ser aplicadas na prática. O uso de Legos - peças simples e globais, conhecidas por toda a gente e normalmente associadas a crianças - pode despertar um interesse extra no jogo, conseguindo demonstrar que se é possível haver melhorias significativas nos tempos de uma produção utilizando peças de brincar, também será com as peças utilizadas em determinada empresa.
<i>Lean Bicycle Factory</i> - Ludosity (2017)	Jogo digital que consiste na gestão/organização de um chão de fábrica através do movimento de estações de trabalho ou venda/eliminação das mesmas, de forma a torná-la o mais rentável possível.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Layout</i> em U; • Posto de qualidade; • Sistemas <i>Pull</i>; • 5S. 	O facto do jogo ser digital pode implicar menos interação, mesmo que seja jogado em grupo. Com o passar de algum tempo, as pessoas deixam de prestar atenção ao computador, embora no princípio este possa funcionar como fator cativante. O jogo é interessante e dá a possibilidade de a cada ronda que passa melhorar 2 (dois) aspetos na disposição ou no funcionamento da linha de montagem, onde vai mostrando o resultado financeiro que advém.
Barco de Papel - Leopold (2015)	Jogo simples que através do uso de uma folha de papel permite a simulação do que é uma linha de montagem de aviões de papel. Focalizada em obter a qualidade desejada na fonte, inspecionando cada passo de forma a garantir a total ausência de defeitos.	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade na fonte; • 0 (zero) defeitos; • <i>Poka-Yoke</i>. 	Este jogo representa uma simulação <i>lean</i> bastante simples, que permite executar uma tarefa usando os suprimentos de um escritório padrão. Possibilita aos formandos perceberem que até numa tarefa tão simples como a conceção de um avião de papel, aparecem defeitos, sendo que é muito difícil garantir lotes de peças todas iguais se não houver um trabalho/cuidado prévio.

Tabela 4.3: Análise individual dos jogos - Fábrica de Aviões de Papel, Sofás do Sr. Zé e Dinâmica 5S (legos).

JOGO	OBSERVAÇÕES	FERRAMENTAS <i>LEAN</i> ABORDADAS	ANÁLISE
Fábrica de Aviões de Papel - Boersema (2012)	Este jogo tem como objetivo a simulação de uma cadeia de abastecimento onde seja possível lutar pela melhoria contínua, com o auxílio de um conjunto de ferramentas <i>lean</i> na persecução de melhores e mais rápidos resultados.	<ul style="list-style-type: none"> • Posto de qualidade; • <i>Poka-Yoke</i>; • Sistemas <i>Pull</i>; • Supermercado. 	O facto de se contabilizarem financeiramente os movimentos de cada grupo, permite ter uma noção mais clara de ganhos ou perdas que a organização possa gerar. É um jogo muito simples e ao mesmo tempo interessante, dado que pode fazer parecer inicialmente que será uma tarefa muito simples, sendo que com o desenvolver do tempo e com o paralelismo estabelecido entre aquilo que são os pedidos dos clientes reais e os pedidos dos clientes do jogo se tornará difícil, permitindo assim a comparação e a percepção das dificuldades e exigências reais de uma empresa, obrigando à necessidade de uma organização clara e de um funcionamento <i>lean</i> .
Sofás do Sr. Zé - RM Consulting	Jogo com os mesmos princípios do Jogo 2 - Caixa de Papel; através da utilização de Legos e da comparação de resultados entre os diferentes tipos de produção permite atestar a importância do uso de ferramentas <i>lean</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • VSM (<i>Value Stream Mapping</i>); • 5S; • <i>Layout</i> em U; • Supermercado; • Sistemas <i>Pull</i>; • <i>Poka-Yoke</i>; • SMED (<i>Single-Minute Exchange of Die</i>). 	Este será, sem espaço a dúvidas, o jogo mais completo de todos. Aborda mais conceitos <i>lean</i> ; é interativo e permite a percepção da importância destas ferramentas. Mais uma vez o uso de Legos permite um fabrico <i>low-cost</i> e torna-o fácil de jogar.
Dinâmica 5S (legos) - RM Consulting	Um jogo simples, que através do uso de peças de Legos, permite exemplificar a importância a aplicação dos 5S.	<ul style="list-style-type: none"> • 5S. 	O jogo mais simples ao nível de ferramentas abordadas, dado que só utiliza a ferramenta 5S. Recorre ao mesmo conceito do Jogo dos Sofás do Sr. Zé e do Jogo da Caixa de Papel, através do uso de Legos. Talvez as peças pudessem ser outras, como por exemplo a utilização de talheres (elemento do dia-a-dia, que precisa da aplicação dos 5S - eliminar os que não são usados, organizar por tipo, realçar a importância e necessidade de limpeza, organização da gaveta onde se encontram para que possam ser sempre encontrados com facilidade e manter a organização com o passar do tempo).

Tabela 4.4: Análise individual dos jogos - Dinâmica 5S (números) e Jogo dos dados (nivelamento da produção).

JOGO	OBSERVAÇÕES	FERRAMENTAS <i>LEAN</i> ABORDADAS	ANÁLISE
Dinâmica 5S (números) - RM Consulting	Jogo semelhante ao anterior, uma vez que pretende demonstrar a importância da ferramenta 5S e dar exemplos de aplicação da mesma. Jogo interativo, que necessita que as pessoas vão fazendo sugestões de melhoria, e que têm forçosamente de ir ao encontro dos 5S, estabelecendo sempre um objeto comparador (tempo) que irá diminuir com a implementação de cada S. O jogo é feito através da visualização de imagens.	<ul style="list-style-type: none"> • 5S. 	Jogo interessante que deixa claro a importância dos 5S, envolvendo os formandos e deixando que sejam eles a sugerir sucessivamente a implementação de cada S.
Jogo dos dados (nivelamento da produção) - RM Consulting	Através do uso de dados e de papéis post-it assinados, contando os tempos para três tipos de produção (um dado para todos, um dado para cada um ou o mesmo raciocínio do anterior mas sem ter de esperar pelo resultado do colega), permite perceber a necessidade de um correto nivelamento da produção.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Heijunka</i> - nivelamento da produção. 	Jogo limitado na medida em que só permite avaliar a importância de um correto nivelamento da produção. No entanto, é um jogo de utilização simples e económica.

Uma das principais conclusões a retirar é a necessidade de implementação de um jogo simples, utilizando conceitos do dia-a-dia - tanto do mundo empresarial como doméstico - que de forma implícita sejam reveladores da importância da existência de um comportamento *lean*.

Outra conclusão tem a ver com o facto de quando há contagem de tempos ou perceção de resultados alcançados, torna-se o jogo mais objetivo, na medida em que permite concretizar e comparar as mudanças efetuadas.

Também se concluiu que alguns jogos são mais simples e focalizam-se numa determinada ferramenta *lean* (como *Heijunka* ou 5S); outros são mais abrangentes e complexos, tais como aqueles que foram desenvolvidos na RM Consulting. Destes, o Jogo 1 - Caixa de bonecos e o Jogo 2 - Caixa de papel são os que terão mais aspetos que carecem melhoria, embora, possam funcionar como uma boa base de comparação ou, até como ponto de partida para a realização do trabalho.

Parte II

Desenvolvimento do Produto

Capítulo 5

Definição do Produto

Definiu-se, após a análise dos jogos existentes, fazer um jogo constituído por peças físicas, passíveis de acoplamento entre si, que possa ser jogado por um grupo definido de pessoas e que seja constituído por várias rondas com grau de dificuldade a aumentar progressivamente. Dentro de certas rondas definidas deverá haver espaço para introdução de conceitos *lean*, repetindo o pedido da ronda anterior de forma a verificar a aplicabilidade dos conceitos.

O jogo deverá estar ainda relacionado com um setor empresarial (seja ele de indústria ou de serviços) fazendo a ponte entre o pedido do seu cliente e a satisfação/realização do mesmo. É importante que se estabeleça um paralelismo constante entre o jogo e a realidade.

Deverá ser completo, na medida em que deverá ser composto pelas várias peças, por uma caixa de transporte e por todos os manuais necessários para que seja utilizado corretamente. Além disso terá de ter definido, de forma bem clara, todas as suas rondas, momentos de introdução de conceitos teóricos e momentos de teste.

Todo este percurso deverá ser percorrido de forma a permitir que seguindo um fio condutor definido, se dê uma aprendizagem contínua e programada. Não obsta a que cada formador use a liberdade de decidir usar ou não a sugestão criada, podendo utilizar esta ferramenta da forma que entender.

Definidas as linhas guias do jogo, foi necessário pensar o tema do mesmo. Para se concretizar esta escolha - definição do tipo de unidade de produção a simular e de peças a utilizar - reuniu-se a equipa da RM Consulting e fez-se um ‘*brainstorming*’ com todos os seus elementos.

A RM Consulting tem sede em Aveiro e atua maioritariamente no distrito onde o moliceiro é um símbolo inquestionável. De entre todas as sugestões que foram apresentadas, aquela que logo recolheu unanimidade foi a de simular uma unidade de produção que se dedicasse ao fabrico de moliceiros. Neste contexto, os formandos serão elementos produtivos desta unidade que participarão nas várias fases da construção do barco. As peças do jogo serão os constituintes desta embarcação, as quais encaixarão entre si e constituirão no final vários moliceiros assemblados.

Procedeu-se de seguida à realização do primeiro esboço virtual e tridimensional daquilo que poderia ser o barco do jogo sendo que se obteve o resultado ilustrado na Figura 5.1.

Apesar do esboço agradar aos envolvidos, o resultado do mesmo quando comparado com um moliceiro real efetivava uma significativa diferença de aspeto que poderia levar

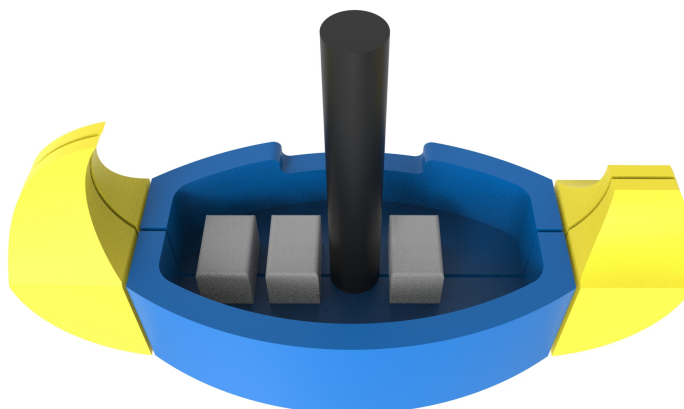


Figura 5.1: Fotorrealismo do primeiro esboço tridimensional do moliceiro.

ao desinteresse dos utilizadores do jogo.

Na realidade, modelar virtualmente um moliceiro revelou-se uma tarefa árdua devido às formas esguias e arredondadas que constituem a plenitude deste tipo de barco. A Figura 5.2 permite a comparação entre o moliceiro real e o desenhado virtualmente.



Figura 5.2: Comparação de vista frontal entre um moliceiro e o esboço virtual tridimensional realizado (Mata, 2017).

Percebe-se que apesar de algumas semelhanças - nomeadamente as duas laterais -, o moliceiro desenhado apresenta uma estética bastante diferente do real.

Dadas as dificuldades na melhoria do CAD, sugeriu-se a alteração do tema do jogo para a simulação de uma pizzeria. Hoje em dia, esta especialidade gastronómica de origem Italiana, encontra-se difundida por todo o mundo e tendo em conta a maneira como são feitas (os ingredientes são acrescentados progressivamente a uma base) bem como a variedade que existe, ao nível dos seus constituintes, associadas ao facto de que praticamente toda a gente conhece a sua receita, pensou-se que poderia ser uma boa forma de transmitir conhecimento *lean*.

Este jogo teria os mesmos princípios do pensado anteriormente e assentaria na colocação de ingredientes numa base de pizza - esta poderia ter vários tamanhos -, de forma a permitir uma enorme variedade de combinações possíveis. Procedeu-se então ao esboço tridimensional, cujo resultado se encontra ilustrado na Figura 5.3.

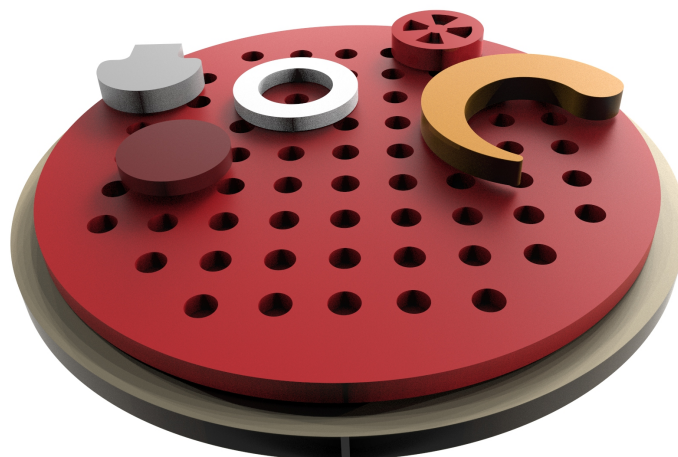


Figura 5.3: Fotorrealismo do primeiro esboço tridimensional da pizza.

A pizza permite uma enorme variedade de soluções ao nível da quantidade de pedidos que pode haver. No exemplo da imagem acima representada, apenas se encontram colocados um camarão, uma rodela de tomate, um aro de cebola, uma rodela de pepperoni e um cogumelo, no entanto, uma pizza pode ter muitos outros ingredientes. Pode inclusive ter os mesmos ingredientes, mas dispostos de maneira diferente; pode repetir ingredientes, sendo que tudo isto conduz a uma diversificação enorme de possíveis pedidos.

Por sua vez, a base poderia apresentar-se com três tamanhos - pequena, média e familiar - que seria o mote para os restantes ingredientes, podendo conter (ou não), molho de tomate e os restantes ingredientes.

Após reflexão mais atenta sobre qual o produto desejado, chegou-se à conclusão de que uma pizzaria não se enquadrava com a RM Consulting nem com o seu mercado alvo. A maioria dos clientes, seja indústria ou serviço, poderiam não se identificar com o objeto principal do jogo, além de arriscar a que o objetivo final não fosse devidamente cumprido.

Deste modo, recuperou-se a ideia inicial do barco moliceiro. Por conseguinte, definiu-se o tema a executar e a desenvolver para produto final. Em abono, registou-se o facto do moliceiro ser uma importante marca da cidade de Aveiro que acolhe a RM Consulting. Contribuiu ainda para a decisão o facto de ser um tema suficientemente forte para que possa servir de mote a uma aprendizagem continuada e eficaz, uma vez que é um artefacto nacional bem conhecido por portugueses e não só.

5.1 Moliceiro *Lean*

5.1.1 O Moliceiro

*“ Vão no longe moliceiros,
De asas brancas a voar...
Singram na ria altaneiros,
A luz do sol, ao luar,
Vão no longe moliceiros,
- Majestoso deslizar!”*

Amadeu de Sousa, 1995

Tal como os ovos moles, o Moliceiro é um importante ‘ex-libris’ de Aveiro. É o nome dado às embarcações que circulavam e ainda hoje continuam a circular na Ria de Aveiro, região lagunar do Rio Vouga.

Esta embarcação era originalmente utilizada para a apanha do moliço, sendo que atualmente são mais usados para fins turísticos. De entre os barcos típicos da região, o moliceiro é considerado o mais elegante; apesar da decoração colorida e humorística, é um barco de trabalho para a apanha do moliço, o qual era a principal fonte de adubagem nas terras agrícolas de Aveiro.

São barcos de borda baixa para facilitar o carregamento do moliço. Os moliceiros têm uma proa e uma ré muito elegantes que normalmente estão decorados com pinturas que ridicularizam situações do dia a dia. O comprimento total é de cerca de 15 metros e a largura de boca tem por norma 2,50 metros. Navega em águas pouco profundas e tem como meios de propulsão a vela, a vara e a sirga (atualmente são mais utilizados os motores a combustão do que o vento).



Figura 5.4: Moliceiro - barco típico de Aveiro - sobre as águas da Ria. (Hotel Moliceiro, 2017)

É construído de madeira de pinho e resiste, em média, doze anos ao serviço. A cor do costado é, inicialmente, amarelada, por efeito do embreamento a pez louro; mas, logo

que sofre a primeira amanhação, o costado é totalmente embreado a pez negro, menos oneroso e mais eficiente no calafeto e proteção. Excetuam-se, neste segundo aspeto, as zonas ocupadas pelos painéis da proa e da ré que, apesar de reparados, conservam sempre o seu aspeto decorativo.

É muito singular a disposição interior deste pequeno barco, onde nada esquece. O castelo da proa, inteiramente coberto e fechado com porta e chave, serve de câmara de tripulantes e de paiol de mantimentos.

A cobrir as duas primeiras cavernas de água, há um estrado, ao mesmo nível do piso da câmara e com a função de lareira, onde os tripulantes preparam e comem as refeições. O castelo da ré é preenchido por um espaço, no qual se acondicionam o barril de água, as forcadas e as tamancas, coberto por uma tampa móvel, que serve de assento ao arrais. O leme, de grandes proporções, ostenta, dos dois lados, a divisa colorida do construtor. Nas extremidades do costado, à proa e à ré, por ambos os bordos, situam-se os painéis decorativos (Figura 5.5).

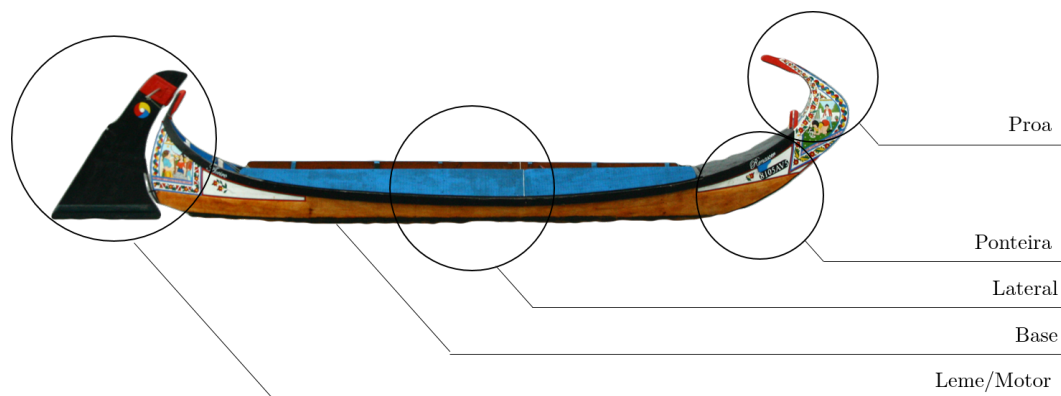


Figura 5.5: Constituintes do Moliceiro (Mata, 2017).

5.1.2 Constituintes do Barco

Uma vez que o produto a desenvolver é um jogo, há vertentes do moliceiro - no que aos seus constituintes diz respeito - que terão de ser simplificadas. Assim, e conforme ilustrado na Figura 5.6, pode-se ver em que peças se dividirá o moliceiro para que possa ser montado.

Para começar, será necessário fazer um leme e um motor - nunca funcionarão em simultâneo, devendo-se optar por locomoção através do vento ou por máquina térmica. As ponteiros serão divididas em duas diferentes, a esquerda e a direita, sendo que serão as mesmas para a frente e para a traseira do barco. A proa e a ré são também peças constituintes bem como a base que sustentará todas as restantes peças. As laterais serão iguais para os dois lados do moliceiro (esquerdo e direito) sendo que haverá uma que conterá um entalhe, de forma a facilitar a entrada no mesmo. Os bancos, dois, um pequeno e um médio, bem como os restantes acessórios, mastro, vela e toldo são também peças a desenvolver. O mastro terá duas funções, quando for para servir de mastro no seu sentido convencional - suportar a vela - será formado por duas peças, encaixadas uma por cima da outra, quando for para segurar o toldo, cada uma dessas peças estará separada, colocada nas extremidades possíveis da base e a suportar o mesmo.

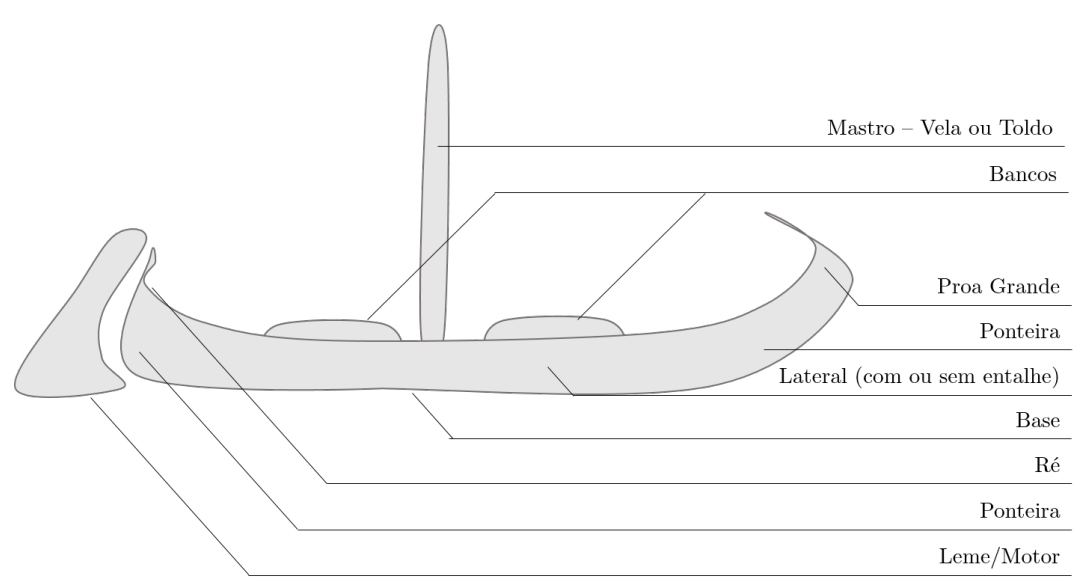


Figura 5.6: Constituintes ilustrados do Moliceiro a desenvolver.

Capítulo 6

Conceção e Projeto

Definido que estava o mote para o desenvolvimento do jogo era necessária a conceção e projeto do mesmo. Estes passos incluem a definição da quantidade de peças, do número de rondas, da quantidade de conceitos *lean* a incorporar, dos pedidos que serão feitos em cada ronda e de todo o processo de aprendizagem que será o jogo.

Na Tabela 3.2 está representado o guia de Martins Jansons para o desenvolvimento de elementos de formação através de gamificação que serviu de base ao desenvolvimento do jogo. Já na Tabela 6.1 poderá ver-se a base usada para o desenvolvimento do jogo, resultado do preenchimento do guia.

Tabela 6.1: Guia para o desenvolvimento de elementos de formação através de gamificação por Martins Jansons preenchido. (Jansons, 2016).

1. UM OBJETIVO REAL OU UM PROBLEMA?! UM OBJETIVO BEM DEFINIDO, FACILITAR A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS TEÓRICOS ACERCA DE METODOLOGIAS <i>LEAN</i> EM CONTEXTO DE FORMAÇÃO.	2. COMPORTAMENTO COMO ALCANÇAR O OBJETIVO? A. INTRODUÇÃO SUCESSIVA DE CONCEITOS TEÓRICOS <i>LEAN</i> ; B. AUMENTO DO GRAU DE DIFICULDADE DE SATISFAÇÃO DOS PEDIDOS POR PARTE DOS CLIENTES.	3. JOGADORES QUEM? PERSONALIDADE DOS JOGADORES E OS SEUS PAPÉIS A. FORMANDOS EM METODOLOGIAS <i>LEAN</i> ; B. APRENDER NA PRÁTICA OS CONCEITOS TEÓRICOS.
4. DINÂMICA PORQUE VÃO PARTICIPAR? A. APRENDER MAIS, VER APLICAÇÕES PRÁTICAS; B. CONHECIMENTO, EXPERIÊNCIA; C. INTERAÇÃO, APRENDIZAGEM.	5. MECÂNICA O QUÊ QUE VAI CAPTAR AS ATENÇÕES? RONDAS SUCESSIVAS, GRAU DE DIFICULDADE A AUMENTAR PROGRESSIVAMENTE, SURGIMENTO DE NOVOS PEDIDOS.	6. SUCESSO COMO É QUE MEDIMOS O SUCESSO? A. CONHECIMENTO ADQUIRIDO; B. OS FORMANDOS SE SENTEM SATISFEITOS.

1. Todo o jogo deverá estar focado no seu objetivo principal que passa por permitir aos formandos ter uma aprendizagem facilitada no âmbito da formação prestada em filosofias *lean*.
2. Através da introdução sucessiva de conceitos teóricos *lean*, de forma ponderada e com uma sucessão pré-definida dos mesmos, para que nunca se perca o fio condutor

do jogo; o aumento do grau de dificuldade, aquando dos sucessivos novos pedidos por parte dos clientes (no jogo) é também uma maneira de manter os formandos focados no objetivo principal.

3. Os principais utilizadores do jogo serão os formandos em metodologias *lean*; durante o mesmo os formandos serão colocados em postos de trabalho nos quais terão a responsabilidade de cumprir as tarefas que lhes forem propostas. Sempre que houver um pedido por parte de um cliente, haverá distribuição de tarefas - quantidade e definição de peças a montar em cada posto de trabalho - que levará a que cada pessoa tenha de assumir a responsabilidade da execução do seu trabalho.
4. A motivação dos jogadores é dada pela aprendizagem contínua e pela oportunidade de ver na prática, de forma ilustrada e simplificada, a aplicação dos conceitos teóricos, permitindo que os mesmos ganhem conhecimento acerca destes conceitos e experiência na sua aplicação; o que criará divertimento no jogo será precisamente a aprendizagem continuada aliada à interação interpessoal e à dinâmica de grupo que se pretende gerar.
5. O encadeamento das ações vem com a sucessão das rondas e dos pedidos que vão sendo feitos e acrescentados.
6. Medido através da satisfação dos formandos na medida em que possam reconhecer a sua importância, a aquisição de novas competências e a compreensão da importância da aplicabilidade dos conceitos teóricos na prática.

6.1 Introdução teórica do jogo

“A melhor maneira de nos prepararmos para o futuro é concentrar toda a imaginação e entusiasmo na execução perfeita do trabalho de hoje.”

Dale Carnegie

A realização deste jogo visa introduzir aos formandos - que serão colaboradores da unidade produtiva - algumas ferramentas e metodologias da filosofia *lean* de uma forma prática, especificamente através da simulação de uma linha de produção de moliceiros. No decorrer da apresentação serão também dados exemplos do quotidiano onde algumas destas metodologias podem ser utilizadas.

Este jogo destina-se a pessoas sem conhecimentos na área do *lean*, servindo de introdução aos mesmos e demonstrando de forma simples algumas das vantagens desta filosofia. Existe por vezes alguma dificuldade em compreender a ligação entre as várias ferramentas utilizadas e um dos objetivos deste jogo é tornar visível essa ligação, sendo feita uma introdução encadeada de cada metodologia à medida que novos pedidos por parte do cliente vão surgindo.

6.2 Modelo de Kano

Ter um cliente satisfeito pode ser uma vantagem competitiva. Neste sentido, as estratégias de melhoria contínua são necessárias para um bom desempenho frente às perceções

dos clientes. De modo geral, clientes satisfeitos são menos sensíveis a preços e são mais propensos a gastar com produtos e serviços com maior qualidade. Mas como é que se podem determinar quais os atributos que podem trazer satisfação?

O modelo de Kano é uma alternativa que permite prever o grau de satisfação que um atributo possa gerar. Neste modelo é defendido que para alguns atributos do produto, a satisfação do cliente aumenta drasticamente com uma pequena melhoria no desempenho, enquanto que para outros, a sua satisfação aumenta muito pouco quando o desempenho é melhorado ao extremo (Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2009).

No modelo de Kano (Figura 6.1) o jogo encontra-se representado através do gráfico Atendimento/Satisfação que contém três curvas que caracterizam os constituintes do produto: obrigatórios (não acrescentam valor, embora a sua presença não possa ser negligenciada), unidimensionais (satisfação aumenta proporcionalmente ao atendimento) e atrativos (satisfação aumenta exponencialmente com o atendimento). Ou seja, quanto mais surpreso e mais inesperado, maior a satisfação, isto claro se for um requisito que satisfaça o cliente.

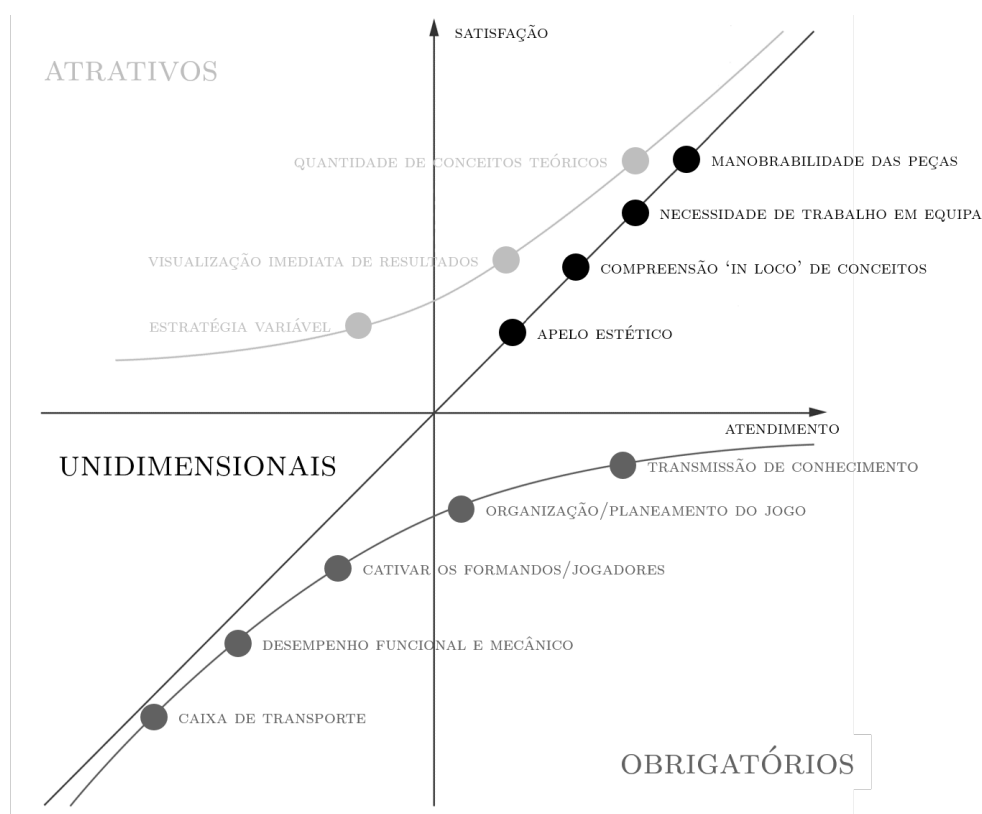


Figura 6.1: Modelo de Kano do jogo.

O jogo terá de cativar os formandos/jogadores, tal como registado aquando do preenchimento do Guia para o desenvolvimento de elementos de formação através de gamificação por Martins Jansons.

Ainda, na análise do Modelo de Kano conclui-se a importância em se assegurar uma caixa de transporte onde se possam colocar todas as peças, manuais e outros elementos necessários ao bom funcionamento do jogo. Este conjunto deverá facultar um bom de-

sempenho funcional e mecânico, na medida em que as peças terão de ter encaixes e formas previamente delineados para que possam ser montadas e desmontadas com frequência e que possam estar sólidas quando assembladas.

Por sua vez, organizar e planejar corretamente o jogo; definir as rondas (oferecer uma sugestão); definir as alturas para introdução de conceitos *lean*, bem como os próprios conceitos; criar um manual de jogo e/ou o conjunto das regras, são outros requisitos obrigatórios na sua formulação.

Por fim, garantir transmissão de conhecimento, introduzindo os formandos às metodologias *lean*, constitui também um fator obrigatório.

Quanto aos requisitos unidimensionais a considerar no desenvolvimento do jogo-produto, salientam-se os seguintes:

- Aspeto visual e estética - porque quanto mais atrativas foram as peças, o *design* do manual e da caixa, entre outros aspetos, mais vontade haverá de o jogar por parte dos formandos;
- A perceção ‘*in loco*’ da compreensão dos conceitos teóricos - porque poderá funcionar como fator de atendimento e satisfação;
- A dinâmica do trabalho em equipa - permitindo o diálogo constante associado a uma troca de informações e de conhecimentos permanente;
- Manuseamento e manobrabilidade das peças - a forma como interagem com a antropometria humana, como encaixam umas nas outras e a sensibilidade que transmitem ao utilizador.

Ao nível dos requisitos atrativos, ou seja aqueles que ‘venderão’ o projeto na medida em que criarão atração nos utilizadores do jogo, salientam-se:

- Estratégia variável, ou seja, a possibilidade que se oferece aos formandos de criarem a sua própria estratégia para que consigam atingir os objetivos, sendo sempre sustentada pela sugestão de alternativas através da linha guia do jogo;
- O facto de ronda a ronda ser possível ver de imediato o resultado da aplicação das ferramentas *lean* quando comparado com os resultados quando estas não são utilizadas, é um atrativo do jogo e um aspeto que o diferencia dos restantes jogos existentes no mercado;
- A quantidade de conceitos teóricos incorporados é também um fator atrativo na medida em que grande parte da concorrência utiliza apenas um/dois conceitos (pretende-se que este jogo faça uso de seis conceitos *lean*).

6.3 Diagrama de Funções e de Componentes Físicos

Com o objetivo de facilitar a visualização e, futuramente, o planeamento de produção faz-se uso do diagrama de funções (Figura 6.2). Com esta ferramenta é possível visualizar de forma rápida todas as etapas de produção e identificar eventuais falhas e pontos críticos do processo.

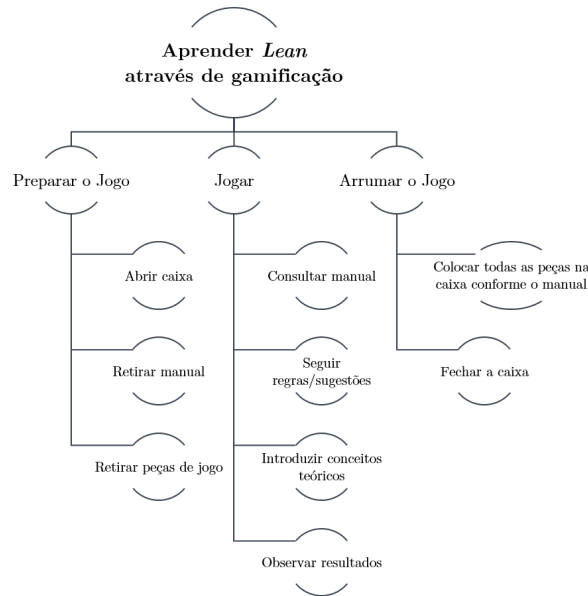


Figura 6.2: Diagrama de funções.

Com o Diagrama de Componentes Físicos (Figura 6.3) a seguir representado, utilizam-se os requisitos mais importantes definidos na etapa de projeto informacional. Com esta ferramenta é possível visualizar o produto em estudo, destacando os pontos dos quais os clientes devem estar cientes na utilização do mesmo.

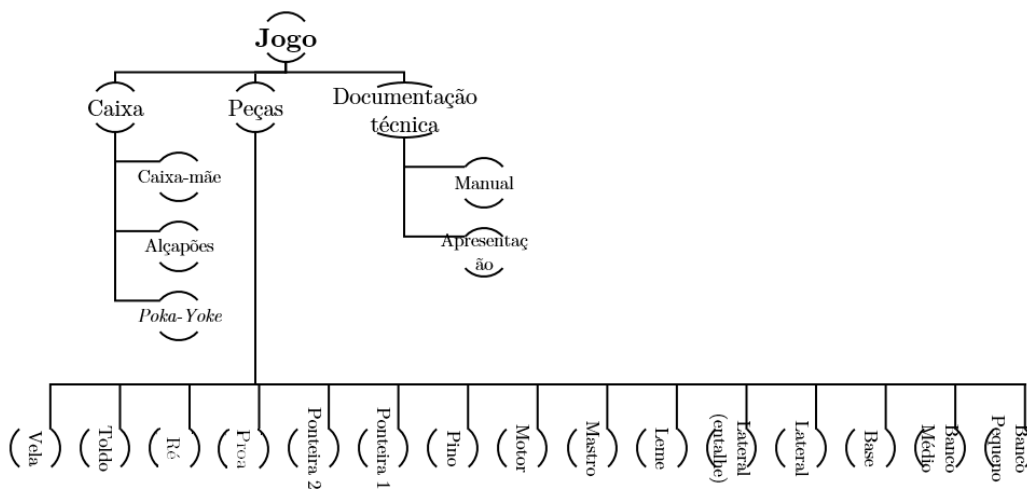


Figura 6.3: Diagrama de Componentes Físicos.

6.4 Dinâmica do Jogo

Um dos aspetos mais importantes da gamificação é a dinâmica que se cria entre o jogo e os seus jogadores. Ter um plano bem delineado, com um objetivo bem definido, *feedbacks*

imediatos e um senso de progressão são fatores chave para alcançar o sucesso em ambiente de jogo.

Para demonstrar, de forma reduzida e prática a dinâmica do jogo, criou-se um quadro (Tabela 6.2) que contém o número de peças, os tempos de cada ronda, o tipo de pedido (descodificado mais à frente na Tabela 6.3) e as alturas em que deverão ser introduzidos os conceitos teóricos *lean*.

Tabela 6.2: Quadro resumo do jogo - nº de peças, conceitos introduzidos, tempo por ronda.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pedido		10L1V	16L1V	16L1V	10L1V 5L2V 5L2V*	10L1V 10L2V	4L1V 4L2V 2M1 2M1* 2M2 2M2* 4M3	4L1V 4L2V 4M1 4M2 4M3	4L1V 4L2V 4M1 4M2 4M3	2L1V 2L2V 2M1 2M2 2M3 1L1VP* 1L1VP 1L2VP* 1L2VP 1M1P* 1M1P 1M2P* 1M2P 1M3P* 1M3P	2L1V 2L2V 2M1 2M2 2M3 2L1VP 2L2VP 2M1P 2M2P 2M3P	2L1V 2L2V 2M1 2M2 2M3 4M1PT 3M2PT 3M3PT	2L1V 2L2V 2M1 2M2 2M3 4M1PT 3M2PT 3M3PT
	Conceito <i>Lean</i> introduzido			5S		Redu. Lotes		Layou t em U	Análi. Fluxo Valor		Super- merc.		<i>Poka- -Yoke</i>
Tempo (min)		5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Nº Peças	Banco Médio	0	0	0	20	20	24	24	24	24	24	24	24
	Banco Pequeno	20	30	30	20	20	20	20	20	20	20	21	21
	Base	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Lateral	20	30	30	40	40	40	40	40	30	30	30	30
	Lateral (porta)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
	Leme	10	15	15	20	20	8	8	8	8	8	4	4
	Mastro	20	30	30	40	40	16	16	16	16	16	28	28
	Motor	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	16	16
	Pino	20	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Ponteira1	20	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Ponteira2	20	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Proa	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Ré	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Toldo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
	Vela	10	15	15	15	20	8	8	8	8	8	4	4

Nesta tabela é possível ver o número de peças em utilização em cada ronda, sendo que os valores máximos a utilizar durante todo o jogo para cada tipo de peça se encontram destacados a negrito. O tempo para cada ronda varia entre 5 (cinco) e 7 (sete) minutos e há espaço à introdução de seis conceitos *lean*: 5S, Redução de Lotes, *Layout* em U, Análise de Fluxo de Valor, Supermercado e *Poka-Yoke*.

Cada pedido (simulação de um pedido por parte de um cliente) é identificado e codificado segundo as regras descritas no tabela 6.2. A explicação detalhada de cada ronda encontra-se entre as Subsecções 6.4.1 e 6.4.12 da presente Secção.

A tabela (Tabela 6.3) funciona como guia para a codificação e descodificação dos pedidos. Na primeira posição do código aparece a forma como o barco se move - se é a leme ou a motor. Na segunda, a quantidade de bancos que o constituem, se é só um (dois

bancos pequenos juntos), se são dois (dois bancos médios colocados paralelamente) ou três (dois bancos pequenos colocados paralelamente e um banco médio perpendicular aos pequenos). Na posição nº3 aparecem os acessórios, ou seja, se o moliceiro tem uma vela, uma porta (entalhe na lateral) ou um toldo. Por fim, na última posição e com resposta binária, ou é um barco reutilizado/adaptado de outro modelo ou não.

Todos os barcos têm obrigatoriamente um tipo de locomoção e pelo menos um banco. Se o moliceiro for movido a leme tem obrigatoriamente de conter uma vela também. A acrescentar às posições há a quantidade de moliceiros, assim, num código exemplo 10L1V, o pedido são 10 barcos movidos a leme (L), com 1 (um) banco e com vela (V), não sendo este um barco reutilizado. Outro exemplo, 1L2VP*, 1 (um) moliceiro, movido a leme com 2 bancos, uma vela e uma porta (lateral com entalhe) que é reutilizado.

Tabela 6.3: Guia de codificação do pedido.

Posição nº1	Posição nº2	Posição nº3	Posição nº4
Locomoção	Nº Bancos	Acessórios	Reutilização
L - Leme		V - Vela	* - Sim
M - Motor		P - Porta	
		T - Toldo	

A colocação de todos os acessórios é pré-definida e encontra-se representada na Tabela 6.4. Na mesma, há uma correspondência entre cada modelo a fabricar e a imagem correspondente aos furos da base do moliceiro a serem preenchidos.

Tabela 6.4: Guia para colocação de todos os acessórios em relação à base do moliceiro.

Modelo	L1V	L2V	M1	M2	M3	M1PT	M2PT	M3PT
Posicionamento das Peças								
● Mastro (2x)	● Banco Pequeno	● Banco Médio	● Suporte Toldo (Mastro)					

É muito importante realçar que há uma grande liberdade inerente ao jogo, na medida em que o autor desenvolveu um guia sugestivo de utilização, mas o utilizador poderá introduzir as alterações que achar necessárias - tanto ao nível de tempo disponível por ronda, como pela quantidade de barcos pedidos, como até trocar conceitos teóricos e a forma como são aplicados.

Mais se acrescenta que o mesmo deverá ser jogado, no mínimo, por cinco pessoas, podendo ser jogado por mais caso se dê rotação das mesmas. Destes cinco jogadores, quatro deverão estar alocados ao funcionamento dos postos de trabalho e um deverá ser o gestor de processo.

Para que o jogo tenha uma utilização de acordo com o pretendido, sugere-se a sua divisão em 12 (doze) rondas que se encontram descritas de seguida:

6.4.1 Ronda 1

Esta ronda é livre, sendo que se devem juntar 4 pessoas e tentar produzir sem indicações nem referências externas, 10 moliceiros em 5 minutos (espera-se que a meta não seja atingida) do tipo L1V - leme, um banco grande e uma vela. As peças deverão estar todas espalhadas de forma a que a procura das mesmas seja mais demorada e desorganizada.

O objetivo desta ronda é criar uma relação de proximidade entre os formandos e as peças do jogo, fazer-lhes querer cumprir o pedido do cliente e deixar que se organizem e estruturem a produção da forma que acharem mais conveniente.

No final, todos os moliceiros deverão ser desmontados e todas as peças colocadas dentro da caixa (de forma desorganizada) ou espalhadas em cima da mesa, conforme o escolhido anteriormente.

6.4.2 Ronda 2

Esta ronda tem exatamente o mesmo tipo de moliceiros da ronda anterior (Ronda 1), concedendo mais um minuto de tempo disponível. Há, ainda, um acréscimo da quantidade pedida (dezasseis) e a imposição do fabrico por lotes (lotes de 4 moliceiros, que deverão ser utilizados em todas as rondas até que surjam ordens contrárias).

Os colaboradores deverão estar dispostos em linha (simulando a convencional linha de montagem da produção em massa), e divididos por 4 postos de trabalho; cada posto de trabalho terá as suas peças a encaixar, sendo que o Posto nº1 se encarregará de encaixar a base e duas ponteiras, o Posto nº2 as restantes duas ponteiras e as duas laterais, o Posto nº3 o leme, os pinos, a proa e a ré e finalmente, o Posto nº4 terá de encaixar os acessórios (de acordo com o esquema da Tabela 6.4), ou seja, o mastro (dois, um por cima do outro), a vela e os dois bancos pequenos - que juntos formarão o que se considera o banco único, grande. É ainda expetável que os formandos não consigam atingir o objetivo.

As peças deverão estar no final, tal como na ronda anterior, espalhadas em cima de uma mesa ou dentro da caixa e todas misturadas.

6.4.3 Ronda 3

Esta ronda funciona da mesma maneira que a ronda anterior (Ronda 2), inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta *lean* introduzida - 5S.

O procedimento para implementação da ferramenta 5S é o seguinte:

- *Seiri* (Separar): pedir a um voluntário para separar o lixo óbvio (retirar peças que não serão usadas, ex: motor, toldo, etc.), do material realmente necessário para a montagem do produto. Referir que essas peças não vão necessariamente para o lixo (armazenagem temporária);
- *Seiton* (Organizar): selecionar as peças necessárias em cada posto de trabalho. Separá-las e colocá-las da na melhor posição possível para que possam ser assembladas. Referir gestão visual;
- *Seiso* (Limpar): dependendo do local, limpar algo (exemplo: levar pano do pó, deitar o lixo fora, etc). Se não for possível demonstrar na prática, referir apenas a

importância da limpeza num ambiente industrial e na área dos serviços (exemplo: sector da saúde ou escritório);

- *Seiketsu* (Normalizar): colocar junto a cada posto de trabalho um exemplar da montagem correspondente. Referir a importância da normalização para a melhoria contínua. Referir que permite a rotatividade de pessoal e que facilita o último S (sustentabilidade);
- *Shitsuke* (Disciplinar/Suster): referir que o 5S tem que ser sustentável para não haver um recuo para o estado anterior. Referir importância das auditorias e verificações.

Desta forma, pretende-se que:

- Se perceba a importância da padronização - as peças não utilizadas são arrumadas na caixa deixando as restantes espalhadas em cima da mesa; as peças utilizadas são separadas por tipo de peça e colocadas de forma organizada em cada posto de trabalho com o intuito de facilitar a montagem;
- Se retire das mesas tudo o que esteja a mais ou que não acrescente valor;
- Se faça a rotação dos operadores;
- Se perceba a importância de auditorias e fiscalizações de forma a garantir que todos os passos anteriores sejam garantidos.

Será necessário guardar 5 (cinco) moliceiros no final da ronda sem serem desmontados, para que possam ser reutilizados na ronda seguinte.

6.4.4 Ronda 4

Nesta ronda há a introdução do pedido por código; a partir da mesma todos os pedidos aos formandos serão feitos por código identificativo, que se encontra explicado na Tabela 6.3.

Além disso, há um novo pedido de um cliente que acha que só um banco comprido não é suficiente, pelo que pretende ter dois bancos médios dispostos perpendicularmente ao movimento do moliceiro.

O tempo da ronda passa a ser de 7 (sete) minutos para produção de 20 (vinte) moliceiros. O nº de lotes, o nº de postos de trabalho e a utilização da ferramenta 5S são para ser mantidos.

Os moliceiros reutilizados deverão ser resultado da remoção dos bancos pequenos em linha e da colocação dos bancos médios na posição correta. Para a próxima ronda, não será necessário guardar nenhum tipo de moliceiro, devendo todos ser desmontados.

6.4.5 Ronda 5

Esta ronda funciona da mesma maneira da ronda anterior, inclusive tem o mesmo tipo de pedido (excetuando a reutilização de moliceiros), sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta *lean* introduzida - Redução de Lotes.

Desta forma pretende-se que deixe de ser necessário a produção de lotes de quatro moliceiros antes da passagem entre postos de trabalho, para a produção de lotes de dois

barcos. Assim, cada vez que um colaborador acabar duas montagens deverá proceder imediatamente à entrega dessas peças para o posto seguinte.

É importante também realçar a necessidade de padronização, uma vez que a sua utilização permite alcançar a redução de custos do produto e da produção final, mantendo ou aumentando a sua qualidade.

Será necessário guardar 4 (quatro) moliceiros no final da ronda sem serem desmontados, para que possam ser reutilizados na ronda seguinte. Dentro destes, 2 (dois) serão dos L1V e outros 2 (dois) do tipo L2V.

6.4.6 Ronda 6

Nesta ronda há um cliente que acha que só mover o moliceiro à vela não é suficiente, pois em dias de pouco vento a locomoção torna-se impossível. Que se passem então, a produzir moliceiros com motor.

Além disso, o mesmo cliente pretende ainda que seja acrescentada uma nova configuração dos bancos - no caso, uma disposição com 3 (três) bancos em que dois pequenos paralelos entre si e com sentido do movimento do barco e um banco médio perpendicular aos restantes bancos.

Neste pedido há então a produção de moliceiros com motor e com 3 (três) disposições diferentes de bancos. São reutilizados 2 moliceiros (L1V) a leme da ronda anterior, sendo que é necessário retirar o leme e colocar o motor e também com o mesmo procedimento dois L2V, que passarão para M1 e M2 sucessivamente.

Todos os conceitos teóricos introduzidos anteriormente são para ser mantidos.

Não será necessário guardar qualquer tipo de moliceiro para a ronda seguinte, devendo, portanto, proceder-se à separação peça-a-peça de todos os barcos montados.

6.4.7 Ronda 7

Esta ronda funciona da mesma maneira que a ronda anterior, inclusive tem o mesmo tipo de pedido - desta vez, sem utilização de barcos reconfigurados -, sendo que a diferença a registar é a utilização da ferramenta *lean* introduzida - *Layout* em U.

O procedimento para implementação da ferramenta *Layout* em U é o seguinte: referir as vantagens de uma linha em U em relação a uma linha em I ou L; proceder à eliminação de um dos postos de trabalho e colocar os restantes de acordo com a Figura 6.4 b).

A produção deixará de se fazer em linha, passando a disposição dos postos de trabalho à forma de um U - 3 (três) postos de trabalho. O operador que sobra, deve ser encarado como um operador insatisfeito e que como tal pode ser mudado para a logística ou para a qualidade (ao nível teórico, uma vez que na prática fica momentaneamente sem trabalho, sendo que mais tarde será novamente chamado a colaborar).

Ao nível da distribuição de peças por posto de trabalho passa a ser feito da seguinte forma: o primeiro fica agora encarregue de montar a base e as ponteiros; o segundo, acrescenta os pinos, o meio de locomoção (motor ou leme), a proa e a ré; por fim, o terceiro posto assembla ao restante conjunto os acessórios.

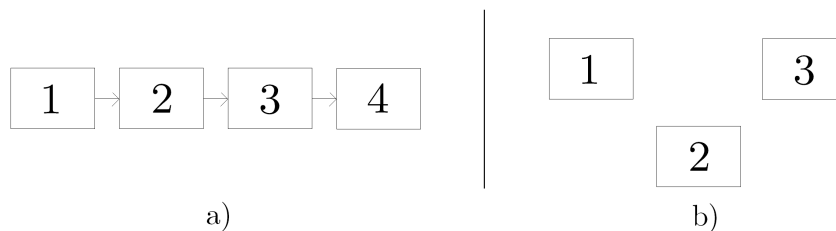


Figura 6.4: a) *Layout* em linha - inicial; b) *Layout* em U - final.

6.4.8 Ronda 8

Esta ronda funciona da mesma maneira que as duas rondas anteriores, inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta *lean* introduzida - Análise de Fluxo de Valor.

Nesta ronda deverá proceder-se à realização de uma análise de fluxo de valor. Como sugestão poderá utilizar-se a ferramenta VSM (*Value Stream Mapping*) com o seguinte procedimento:

- Explicar em que consiste o VSM e quais as suas vantagens;
- Fazer o desenho do mapa antigo (em folha A3 ou quadro);
- Identificar os fluxos e colocar o inventário;
- Explicar tudo passo a passo;
- Fazer o desenho do mapa atual.

É necessário nesta ronda guardar sem desmontar, um barco de cada tipo de moliceiro montado, num total de cinco moliceiros, para que possam ser reutilizados na ronda seguinte.

6.4.9 Ronda 9

Nesta ronda, há para além de todos os diferentes pedidos anteriores, um novo cliente que está interessado na compra de moliceiros que tenham em consideração a entrada para o mesmo. Nos atuais, nas laterais não há nenhum entalhe/nenhuma porta que facilite a entrada para o moliceiro.

Assim sendo, passa a haver a necessidade de fazer todos os modelos até aqui montados, mas acrescentar em metade dos vinte a fabricar a lateral com entalhe.

Neste pedido há então a produção de moliceiros com motor e com 3 (três) disposições diferentes de bancos. São reutilizados 2 moliceiros (L1V) a leme da ronda anterior, sendo que é necessário retirar o leme e colocar o motor e também com o mesmo procedimento dois L2V, que passarão para M1 e M2 sucessivamente.

6.4.10 Ronda 10

Esta ronda funciona da mesma maneira que a ronda anterior, inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta *lean* introduzida - Supermercado.

O procedimento para implementação da ferramenta Supermercado é o seguinte:

- Construir um supermercado numa mesa adjacente à linha em U, com os vários tipos de peças divididas por tipo;
- Colocar em cada posto de trabalho dois recipientes pequenos iguais para cada tipo de peça;
- Organizar as peças que até aqui estavam espalhadas, colocando-as dentro do seu compartimento (utilizar os alçapões da caixa).

Deve ser referido que não é necessário despedir pessoal apesar de na ronda 5 ter sido pedido a um colaborador que deixasse de desempenhar as suas funções; esse colaborador passará a ser o operador logístico, transportando as peças do supermercado para cada posto de trabalho.

Deverão ser acrescentados exemplos práticos do quotidiano em relação a esta ferramenta *lean* (exemplo: explicar que o supermercado num meio industrial funciona da mesma forma que um supermercado real).

Para a próxima ronda não será necessário guardar qualquer tipo de moliceiro, devendo proceder-se à desmontagem de todos eles.

6.4.11 Ronda 11

Na sequência do crescimento da utilização dos moliceiros no ramo do turismo, houve a necessidade por parte de um cliente de implementar nos moliceiros a motor, um toldo capaz de refrescar no verão (evitando o sol) e de proteger da chuva no inverno; podendo-se então dar uso continuado aos moliceiros.

Assim, o pedido nº11 é constituído pelos 5 (cinco) moliceiros feitos até então (sem porta), acrescido de 4 M1PT (porta e toldo), 3 M2PT e 3 M3PT, sendo que nenhum destes barcos é reutilizado.

A montagem do toldo é feita pela inclusão de 2 mastros (separados) nos furos mais distantes da base, nos quais é encaixada a peça correspondente ao toldo, tal como ilustrado na Tabela 6.4.

6.4.12 Ronda 12

Esta ronda funciona da mesma maneira que a ronda anterior, inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta *lean* introduzida - *Poka-Yoke*. Esta será a última ronda do jogo.

O procedimento para implementação desta ferramenta é o seguinte:

- Introduzir e explicar o conceito de *Poka-Yoke*;
- Pedir para que verifiquem as 3 (três peças) de *Poka-Yoke* que se encontram na caixa do jogo.

- Colocar essas peças na mesa do último posto de trabalho, para que possam ser testados os moliceiros - cada peça corresponde a um tipo de barco.

Nesta fase do jogo é expectável que:

- Se consigam detetar todos os erros de produção com o auxílio do *Poka-Yoke*;
- A sucessão de conceitos teóricos de *lean* que foram sendo introduzidos ao longo do jogo tenham sido claros e tenham permitido aos formandos perceber a necessidade dos mesmos aliada sempre à melhoria contínua;
- A interação homem-ferramenta, no sentido em que as pessoas é que fizeram o jogo acontecer, tenha resultado da melhor maneira, permitindo que todos os formandos sintam que aprenderam alguma coisa de relevante.

Capítulo 7

Modelação Virtual

A rápida evolução tecnológica dos tempos modernos traz-nos novas ferramentas que vêm facilitar tarefas que outrora seriam mais complicadas e demoradas. Um dos expoentes máximos é a possibilidade de criar, num monitor de duas dimensões, peças com uma sensação de profundidade, em três dimensões.

O Desenho Técnico, o Projeto Assistido por Computador (CAD) e o Desenho Assistido por Computador (CADD) desempenham um papel crucial no desenvolvimento de muitos dos produtos existentes na nossa sociedade.

Desde os veículos (automóveis, navios, aviões, comboios, ou veículos aeroespaciais), aos produtos de consumo, como sejam eletrodomésticos (televisores, máquinas de lavar, telemóveis, etc.) às ferramentas e máquinas ferramentas, entre tantos outros produtos, a utilização das ferramentas de CAD e de desenho técnico são cruciais para o desenvolvimento de produto e para o seu fabrico. (Manuel Seabra Pereira, 2010)

O processo de desenvolvimento do CAD foi contínuo e progressivo. Primeiro fez-se uma abordagem inicial explicada na Secção 7.1 seguida de um FMEA de produto, no qual se visualizaram e reviram os defeitos do CAD inicial; depois disso, procedeu-se à elaboração de um CAD revisto que é considerado o CAD final.

7.1 CAD Inicial

7.1.1 Peças de Jogo

O primeiro esboço tridimensional realizado encontra-se ilustrado na Figura 7.1.

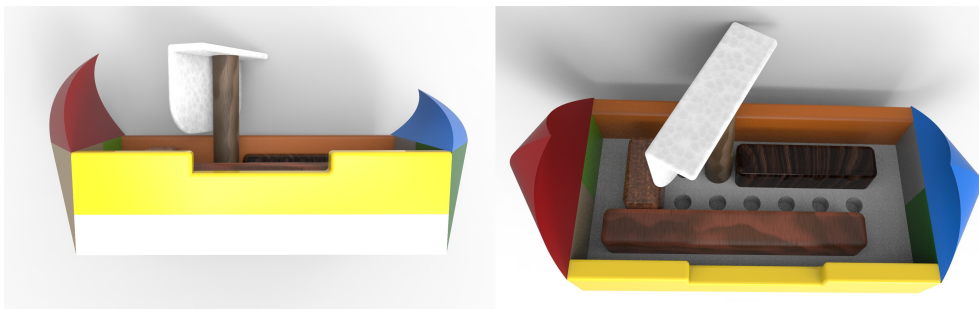


Figura 7.1: Fotorrealismos do primeiro CAD tridimensional das peças assembledas.

Na Figura 7.2 é possível encontrar a legenda das peças que constituem esta versão inicial de CAD e que já tinham sido definidas no capítulo anterior. Já na Figura 7.3 está representado um esquema de montagem para o mesmo desenho tridimensional.

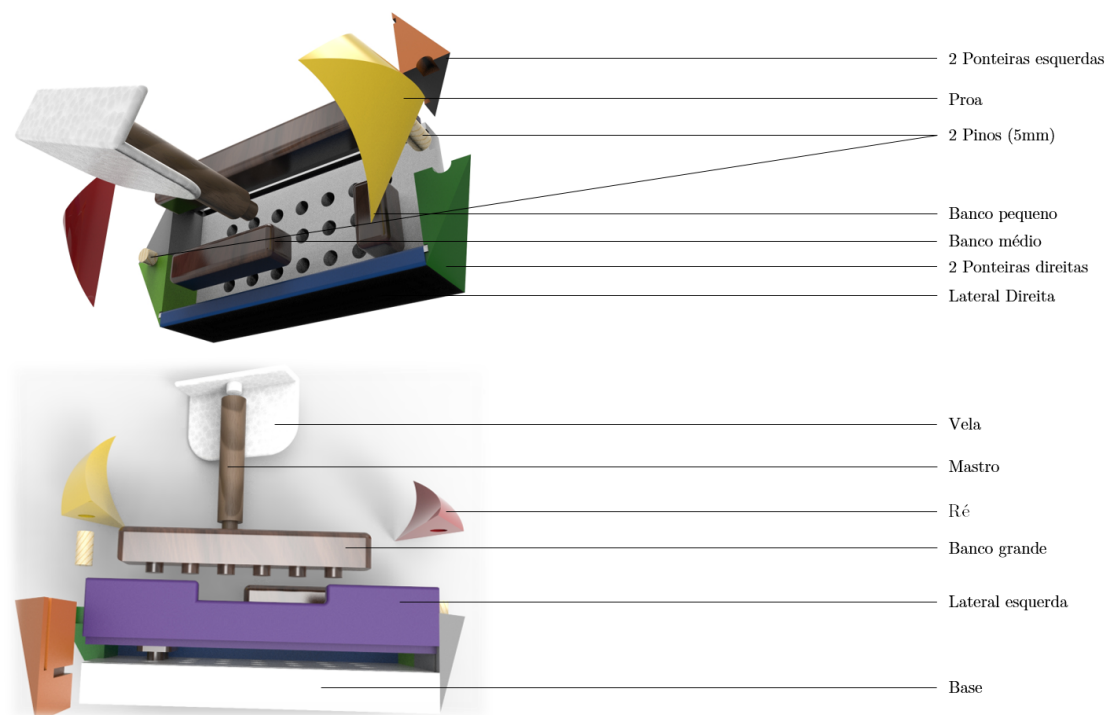


Figura 7.2: CAD Inicial legendado por peça.

Como se pode observar, usaram-se formas mais orgânicas para a realização deste modelo 3D. As laterais são paralelepípedicas tal como a base e os bancos. As ponteiros são piramidais, sendo que a proa e a ré têm uma forma própria. Os pinos que seguram as proas às ponteiros são cilíndricos tal como o mastro.

No que toca à sequência de montagem das peças, a base serve de principal suporte às restantes peças sendo nela que se começam a encaixar as outras. As ponteiros são as primeiras peças a encaixar na base seguidas das laterais que com os seus encaixes impedirão as ponteiros de se deslocar numa direção. De seguida colocam-se os pinos para que se possam encaixar as proas, deixando os acessórios para a última etapa - bancos, mastro, vela, motor e leme.

Nesta versão de desenho tridimensional não está presente o motor, o leme e o toldo. São peças que terão de ser acrescentadas até à versão final.

Além destes fatores há ainda a acrescentar o facto de esteticamente o barco não se aproximar claramente da imagem do moliceiro. Apesar de em termos de DFM (*Design for manufacturing*) o projeto estar competente, uma vez que as peças com as suas formas orgânicas permitem uma fácil produção industrial, o aspeto estético não terá sido conseguido. Tratando-se de um dos fatores unidimensionais do projeto, importa melhorar e desenvolver.

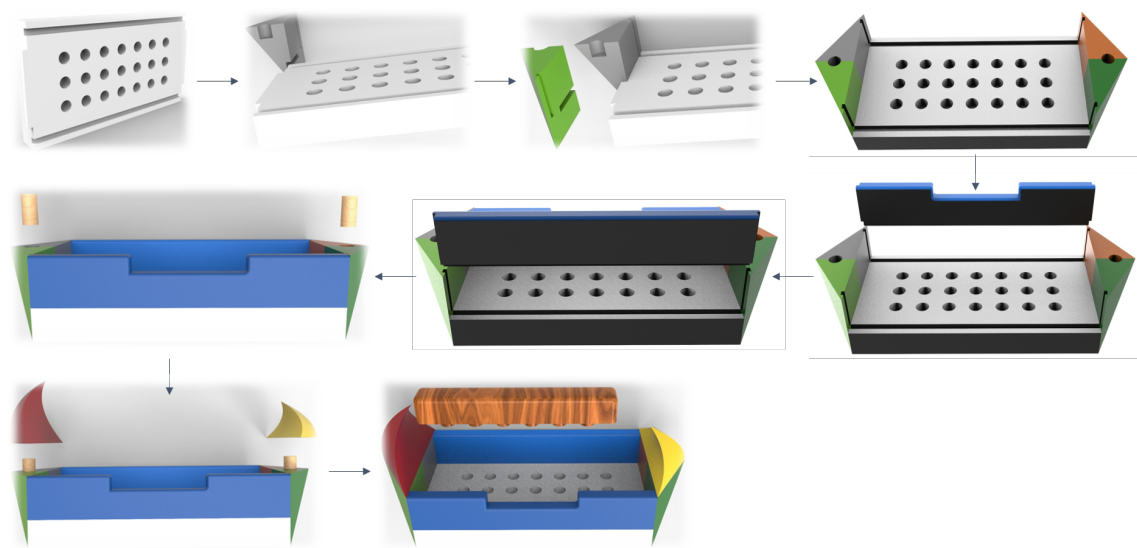


Figura 7.3: Sequência de montagem das peças para a versão de CAD inicial.

7.1.2 Caixa de Transporte

Para além das peças do jogo, outro elemento muito importante para o conjunto é a caixa de suporte onde estas são arrumadas para transporte fácil e estável. Esta caixa abriga também toda a documentação técnica e os testes de passa-não-passa (*Poka-Yoke*).

A caixa deve ser ergonómica e antropometricamente viável de forma a que seja fácil o transporte. Serve para arrumar um jogo e precisa ser construída com materiais robustos e duradouros. Deverá ainda ser apelativa e com elementos relacionados com o jogo.

O primeiro esboço para a caixa de transporte encontra-se representado na Figura 7.4.



Figura 7.4: Fotorrealismos do primeiro CAD tridimensional da caixa de transporte.

Como é possível observar na figura, a caixa está dividida em vários alçapões e incor-

pora o teste de passa-não-passa na sua tampa.

Para que fossem mais evidentes as falhas do CAD realizado, procedeu-se à elaboração do FMEA de produto (tanto das peças como da caixa), processo esse que se encontra descrito na secção seguinte.

7.2 FMEA do Produto

O FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), pela interpretação de Palady (1997), é uma ferramenta de prevenção de problemas. Uma abordagem eficiente para coordenação de novos avanços ou incorporação de revisões e um diário do projeto, processo ou serviço.

Outra importante definição para FMEA está contida no Manual da Ford: FMEA identifica e confirma as características críticas e significativas potenciais para serem tratadas por mudanças de projeto, processo ou inclusão nos planos de controlo e processo. O objetivo da avaliação e das ações propostas, é prevenir falhas que atinjam o cliente, melhorando a sua satisfação (Santana, 2005).

As falhas são classificadas em três tipos: menor, maior e crítica e encontram-se representadas com diferentes cores: verde, amarelo e vermelho respetivamente.

O FMEA do produto encontra-se representado na Figura A.1 anexa a este trabalho.

Da análise do FMEA é possível concluir que todas as falhas críticas foram corrigidas, tendo sido implementadas medidas que foram consideradas como medidas possíveis. É ainda possível verificar que todas as falhas graves passaram a falhas menores, há exceção do mau encaixe entre ponteiras, que com as correções passa a ser uma falha de nível médio.

O tipo de falha com maior ocorrência é o encaixe deficiente entre a base e as peças que nela são montadas com encaixe cilíndrico. Neste tipo de encaixe procedeu-se ao aumento do seu comprimento, sendo que nenhum desses encaixes se encontra com menos de 4 mm de comprimento.

O pino deixou de ter a forma de um cilindro para passar a ter forma de paralelepípedo, impedindo assim que exista rotação da proa e da ré em cima das ponteiras. O banco pequeno também foi reduzido de forma a que se possam usar dois juntos simulando um banco único comprido.

Quanto à Caixa de Transporte, é possível registar que as falhas médias passaram a falhas menores. As dimensões foram exageradas, uma vez que as medidas não estavam otimizadas à quantidade de peças necessárias. Isto levou ao incorreto dimensionamento da caixa e consequente excesso de peso. Esta falha consegue corrigir-se com a otimização do tamanho da caixa - tendo em conta medidas standardizadas. Deste modo, considera-se também o custo mais baixo para a quantidade de peças necessárias.

O acrescento de uma pega é também elemento essencial ao bom transporte da caixa, sendo uma medida de fácil implementação.

7.3 CAD Revisto

Após a correção destas falhas procedeu-se à elaboração do CAD revisto que se encontra representado de seguida (Figura 7.5). Mostra-se a evolução das peças e dos seus encaixes e, na Subsecção da Caixa de Transporte, mostra-se o acrescento da pega e a redução das dimensões da caixa.

7.3.1 Peças de Jogo

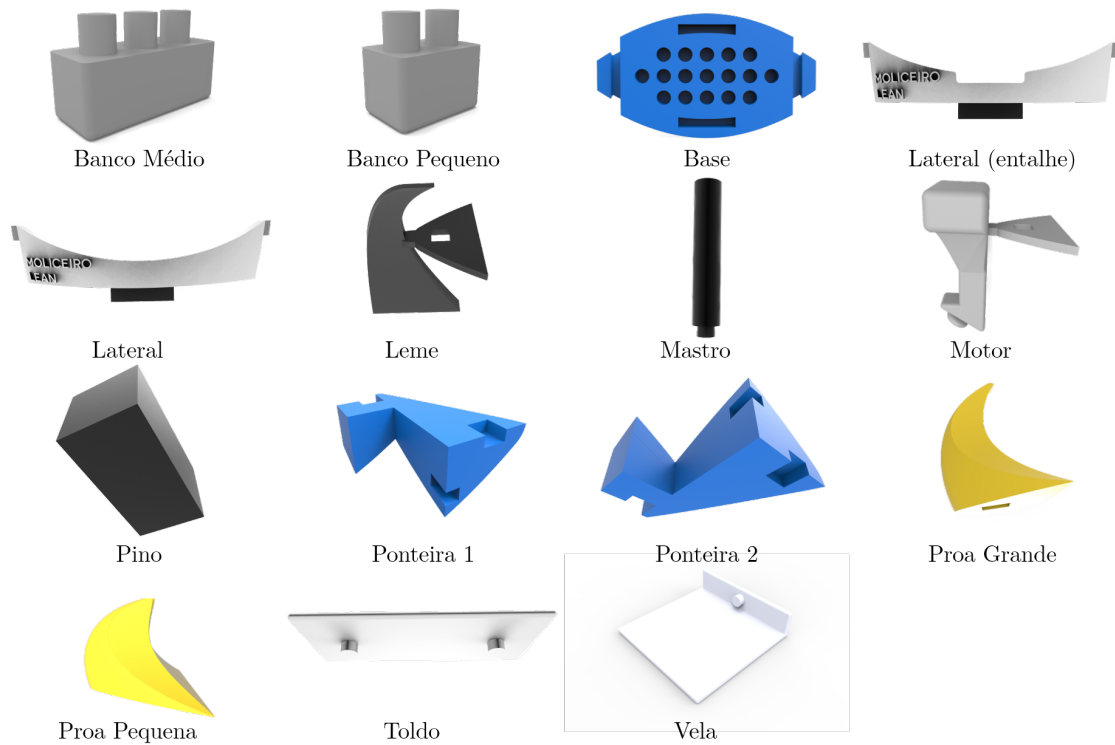


Figura 7.5: Fotorrealismos das peças de CAD Revisto.

Como se pode ver pela análise da Figura 7.5 e do FMEA de Produto (Figura A.1) as medidas possíveis escolhidas foram implementadas. Em destaque:

- Os bancos sofreram um aumento do encaixe de 3mm para 4mm bem como uma redução do seu comprimento para que possam encaixar em fila;
- A base que oferecia pouca robustez no suporte das restantes peças sofreu um aumento do seu tamanho e uma alteração da sua geometria para que se assemelhasse mais com um moliceiro real;
- As laterais - com e sem entalhe (porta) - que encaixavam mal na base e nas ponteiros tiveram um aumento destes dois encaixes, tal como ocorrido com os bancos;
- O leme que não tinha sido desenhado, assim como o toldo e o motor foram acrescentados ao conjunto de peças;
- O mastro tinha um mau encaixe na base e tal como todas as peças que sofriam do mesmo defeito foi-lhes aumentado o encaixe de 3 mm para 4 mm;
- O pino passou de forma cilíndrica para paralelepípedica impedindo assim rotação da proa e da ré;

- As ponteiros, para além do aumento do comprimento do encaixe, sofreram uma alteração no encaixe com a base que invés de ocorrer só numa dimensão passou a garantir estabilidade em duas direções;
- A proa e a ré que continham um grau de liberdade que as permitia rodar, passaram a estar fixas com a mudança de forma do pino;
- A vela sofreu uma alteração da sua forma, aumentou-se o seu comprimento e o seu encaixe no mastro.

A sequência de montagem (Figura 7.6) mantém-se fiel à previamente delineada e apresentada na Secção da Dinâmica do Jogo.

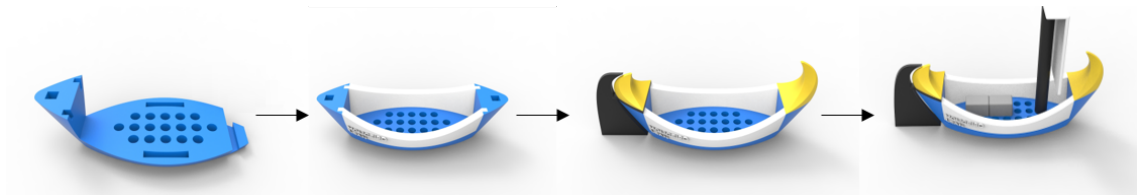


Figura 7.6: Sequência de montagem das peças de CAD Revisto.

Além das alterações previstas no FMEA de produto o CAD final é resultado de alterações ao nível de *design*, uma vez que o apelo estético é um requisito unidimensional. De facto, o CAD inicial não se assemelhava adequadamente com um moliceiro; apresentava linhas muito direitas, arestas vivas e tamanhos e proporcionalidades que não se verificam na realidade. Assim, e depois de vários melhoramentos iterativos realizados ao CAD chegou-se ao CAD Final que se considerou aproximar mais ao formato do moliceiro, conforme se pode observar na Figura 7.7.



Figura 7.7: Fotorrealismo do Moliceiro *Lean* na Ria de Aveiro. (Farinha, 2017)

Além das alterações estéticas foi preciso delinear bem o tipo de encaixe entre peças, de forma a garantir a total rigidez das mesmas quando montadas.

Para isso é importante peças que sirvam de suporte a outras estejam totalmente imobilizadas em três direções. Por exemplo, ponteiras e laterais - sendo que as restantes podem estar imobilizadas apenas em duas direções. E, exceção às restantes peças é a base que serve de suporte para todas as peças.

Na Figura 7.8 é possível visualizar a forma como encaixam as peças. As ponteiras com o encaixe na base, de formas geométricas retilíneas, ficam impedidas de rodar e de se deslocar numa direção (Figura 7.8a)), sendo que passam a estar estáticas com o acrescento da lateral que por sua vez se encontra limitada a movimento ascendente (Figura 7.8b)).

O pino impede a rotação e o deslocamento da proa e da ré em duas direções, só permitindo movimento ascendente (Figura 7.8 c) e d)), sendo que os bancos, o mastro e a vela (assim como o toldo, que não se encontra representado mas que apresenta o mesmo tipo de encaixe da vela) encaixam na base através do seu encaixe cilíndrico.

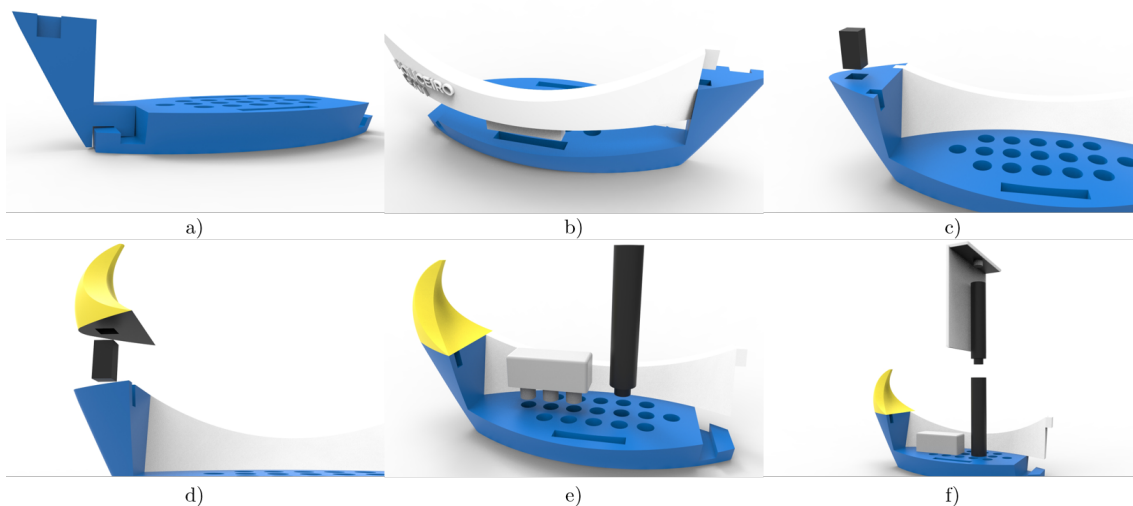


Figura 7.8: Diferentes tipos de encaixe entre peças: **a)** ponteira; **b)** lateral; **c)** pino; **d)** proa; **e)** banco + mastro; **f)** vela.

7.3.2 Caixa de Transporte

Tal como foi realizado para o Moliceiro *Lean*, também para a Caixa de Transporte foi usado o FMEA de Produto para se proceder à melhoria da sua forma.

Neste processo de melhoria foram reduzidas as dimensões gerais através da otimização do espaço para arrumação das peças, sendo que agora todas as peças terão um espaço e um tipo de arrumação definido. Em aditamento, foi-lhe acrescentada uma pega para facilitar o seu transporte. Na Figura 7.9 encontram-se representados quatro fotorrealismos da Caixa de Transporte.

A definição das novas medidas da caixa correspondeu também à necessidade de adaptá-la a medidas standard, de forma a que o seu fabrico tenha um preço mais re-



Figura 7.9: Fotorrealismos da Caixa de Transporte do jogo em CAD revisto.

duzido. Uma forma de visualizar de maneira mais clara a compartimentação da mesma é através de vistas explodidas (Figura 7.10).



Figura 7.10: Vistas explodidas do CAD revisto da Caixa de Transporte.

Através delas é possível verificar que a caixa é composta por três alçapões amovíveis, subdivididos em compartimentos nos quais se colocarão as peças do jogo, além disso terá uma tampa para colocar sobre o último alçapão para que as peças não saiam dos seus compartimentos - nos restantes alçapões a ‘tampa’ é dada pelo alçapão seguinte; no último destes é onde estarão guardadas as três peças de *poka-yoke*.

Na tampa da caixa, que é presa por duas dobradiças, foram acrescentadas duas barras de 2mm de espessura e 20mm de largura de forma a garantir duas funções, a saber: segurar a tampa dos alçapões para que estejam justos e não se deslocam quando a caixa for virada; permitir que haja um espaço para colocação da documentação técnica na sua traseira.

A pega standard para redução de custos será aparafusada à estrutura da caixa através de dois parafusos (elemento de ligação roscado).

7.3.3 Poka-Yoke

O CAD do *Poka-Yoke* foi feito de forma a garantir o seu bom funcionamento. A sua utilidade é permitir testar *in loco* a montagem das peças, através do teste de passa não passa, numa espécie de molde com a sua forma.

Esta ferramenta *lean* só é introduzida na Ronda nº12, que corresponde ao tipo de pedido final (2L1V, 2L2V, 2M1, 2M2, 2M3, 4M1PT, 3M2PT, 3M3PT) só são necessários três peças diferentes, uma vez que a disposição dos bancos não interfere no teste. Assim, foi necessário realizar uma peça para barcos a leme e a vela (L1V + L2V), outra para os moliceiros a motor (M1 + M2 + M3) e finalmente outra para os que tenham motor, porta e toldo (M1PT + M2PT + M3PT).

Na Figura 7.11 está representado o CAD das três peças de *Poka-Yoke* realizadas, pela ordem descrita acima. Na mesma figura também se encontram ilustrados fotorrealismos da forma como se usa a ferramenta *poka-yoke*; como se pode ver, a forma da peça passa-não-passa está otimizada para o tamanho do moliceiro montado, tendo uma folga de cerca de 2mm entre a parede da peça e o constituinte do barco.

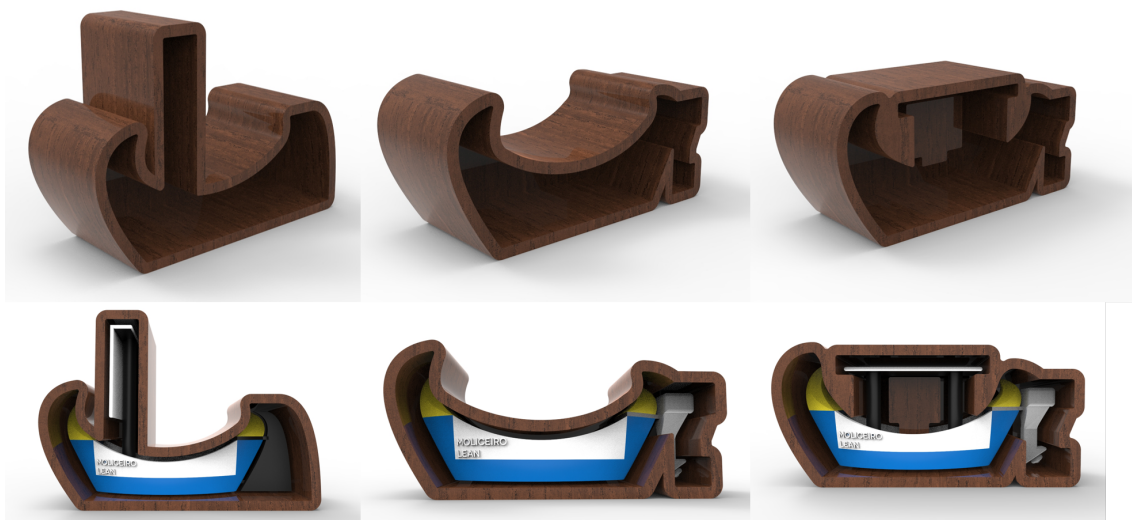


Figura 7.11: CAD do *Poka-Yoke* - as três peças constituintes.

7.4 Construção de um protótipo

Com a globalização da economia criou-se em todos os setores industriais uma necessidade crescente de resposta rápida às solicitações do mercado. Este tipo de resposta traduz-se na redução drástica do tempo para a colocação de novos produtos no mercado (*'time to market'*), sendo que isto representa um sério fator crítico para a competitividade das empresas.

Segundo Wohlers (1999), uma das tecnologias mais determinantes na mudança radical de funcionamento das empresas perante estes novos desafios foi a introdução dos sistemas de CAD/CAM e da capacidade de modelação CAD 3D. Assim, as tecnologias de prototipagem rápida (PR) e fabrico rápido de ferramentas (FRF) vieram reforçar significativamente esta capacidade em reduzir o *time to market* ajudando as empresas a serem mais competitivas e a conseguirem novos produtos de forma mais rápida.

Uma vez corrigido o CAD inicial, procedeu-se à construção de um protótipo através de um método de fabrico aditivo, a impressão 3D. Uma vez que o objetivo da construção do protótipo serve para ter uma melhor perceção das medidas das peças, da maneira como se conectam entre si e com o utilizador e principalmente se há correções a fazer ao nível de forma, não tem relevância superior a qualidade do seu acabamento ou o material em que é feito.

Através da plataforma *online* 3DHubs - plataforma que permite quotização instantânea para impressão tridimensional por parte de mais de 7000 empresas especializadas - submeteram-se os ficheiros STL das peças de jogo e optou-se para impressão das peças, pela empresa que garantia um preço mais acessível (€6.31) para impressão de todas as peças, Threedify. A impressão realizada teve um resolução de 300 microns e o material utilizado foi PLA, encontrando-se o resultado final representado de seguida, na Figura 7.12.



Figura 7.12: Resultado do protótipo feito por impressão 3D.

Da construção do protótipo tiraram-se algumas conclusões relevantes para o projeto:

- Se o processo produtivo escolhido for impressão 3D a resolução da mesma terá de ser maior, 300 microns não é uma resolução suficiente para que o aspeto das peças seja apelativo;
- A impressão de encaixes do tipo macho-fêmea os dois com o mesmo tamanho, não vai permitir o correto encaixe das peças, uma vez que o macho ficará maior do que a fêmea. Esta falha obrigou ao desbaste manual das peças - por tentativa/erro (há guias fornecidos pelos fabricantes das máquinas, mas não são 100% precisos);
- Ao nível de tamanho, dada a dimensão das peças conclui-se que a mesma não deveria sofrer alterações dado que o comprimento total do barco montado (12cm) se enquadra no tamanho pretendido, permitindo uma utilização correta por parte dos formandos e dando possibilidade de encaixar e desencaixar todas as peças com relativa facilidade com as mãos e sem grandes estorvos por parte de outras peças.

Capítulo 8

Definição de Materiais e de Processos Produtivos e/ou Incorporação

O conhecimento das propriedades mecânicas dos materiais proporciona a escolha de fatores de segurança adequados, facto que influi de maneira decisiva na parte económica de um projeto. A seleção de materiais deve prever respostas a questões expressas pelo setor de fabricação, que tem como tarefa a escolha de alternativas de produção/montagem.

Desta descrição emergem dois aspetos importantes: a seleção deve ser feita visando não só atender a requisitos de resistência mecânica, de tenacidade, de resistência à corrosão etc., mas também visando adequar o material aos processos de fabricação disponíveis ou já existentes. Logo, a viabilização de um produto ou componente é tarefa de natureza interativa tanto a nível de projeto como a nível de materiais e de procedimentos de fabricação.

O conceito básico que permeia os procedimentos de seleção pode ser denominado ‘filosofia do compromisso’, entendida como o eventual sacrifício de uma ou mais propriedades em benefício de uma otimização geral, o que pode ser muito complexo quando se lida com grandezas inter-relacionadas (Lopes, 2011).

Por sua vez, os procedimentos de seleção de materiais obedecem a múltiplos critérios, que tomados individualmente proporcionam alternativas de escolha bastante simples e lineares, mas que na prática concorrem quase sempre a situações em que um conjunto de critérios contraditórios devam ser satisfeitos simultaneamente.

Logo, surge a necessidade de procedimentos de interação e otimização que, no final, fazem com que a filosofia do compromisso exerça papel relevante. Além disso, o menor custo de fabricação para uma dada qualidade industrial especificada deve ser o objetivo perseguido na seleção de um material, quando se tem uma série de processos de fabricação e diversos materiais disponíveis.

A seleção mais conveniente de materiais que constituirão as peças depende fundamentalmente da análise dos fatores que influenciam o projeto do produto (a conceção da peça) e o projeto do processo de fabricação desse produto.

As especificações de desempenho (as funções requeridas) de um produto determinam as especificações necessárias ao projeto desse produto. As primeiras consistem num conjunto de características que permitem a utilização eficiente do produto, ao passo que

as segundas constituem um rol de indicações técnicas relativas à forma, às dimensões, às tolerâncias, ao acabamento e aos materiais constituintes do produto que permitem atender às primeiras.

A quantidade de peças a serem fabricadas é outro fator que afeta o projeto do processo de fabricação, pois determinados processos só se aplicam, economicamente, para quantidades mínimas de fabricação.

Também deve ser observado na seleção de um processo de fabricação, qual dos fatores disponíveis é o mais adequado para a obtenção do produto e quais os seus reflexos sobre as propriedades dos materiais e custos. Além disso, outros fatores que devem ser considerados são o acabamento superficial e o toleranciamento (Lopes, 2011).

Tal como referido anteriormente no Capítulo da Conceção e Projeto há a necessidade das peças do jogo terem um acabamento com relativa qualidade, de forma a permitir uma ligação emocional entre o utilizador e as próprias peças.

Da construção do protótipo por impressão 3D em FFF (*Fused Filament Fabrication*), ou fabricação por filamento fundido, com resolução de 300 microns retirou-se a conclusão de que o acabamento do produto não era suficiente. Apesar disso, a boa robustez apresentada, aliada à leveza das peças foram aspetos positivos a realçar.

Dada a geometria das peças (sendo que algumas possuem formas relativamente complexas) chegou-se à conclusão que haveriam três métodos de fabrico possível: em impressão tridimensional de alta qualidade; em fabrico por CNC (Comando Numérico Computorizado); ou em injeção de moldes, que se encontram descritos de seguida.

Em relação à escolha dos materiais, a primeira opção seria sempre o fabrico em madeira, dadas as suas propriedades físicas, o seu carácter de sensação ao toque mais quente do que o plástico ou o metal e o seu aspeto visual. Contudo, seria tido em conta na ‘filosofia de compromisso’ e não enquanto um objetivo irrefutável, permitindo-se a escolha de outros materiais mais disponíveis.

8.1 Impressão 3D

O processo de impressão 3D inicia-se a partir de um modelo digital 3D, que pode ser criado usando uma vasta gama de *softwares* de CAD, ou através de *scanners* 3D. O modelo digital 3D é geralmente gravado no formato STL (*STereoLithography*), que é uma representação triangular ou cartesiana do modelo.

O *software* converte o ficheiro no formato STL em várias camadas, traduzindo o *design* inicial num ficheiro de leitura acessível para a impressora 3D (3D Printing, 2014). O material processado pela impressora 3D é depositado em função do processo e da tecnologia de impressão que processam diferentes materiais de diferentes formas dando origem ao objeto pretendido (Cotteleer et al., 2013).

A impressão 3D apresenta como vantagens a possibilidade de personalizar e desenvolver produtos com *design* complexo, sem que o seu custo de produção aumente exponencialmente, tal como permite encurtar o ciclo de desenvolvimento do produto até ao seu lançamento no mercado reduzindo a necessidade de criar ferramentas para o mesmo (Cotteleer et al., 2013).

Apresenta reduzidos desperdícios de matéria-prima (Campbell et al., 2012), tal como permite a produção de pequenos lotes de forma económica quando comparado aos processos de produção em massa, sendo que requer um reduzido controlo humano uma vez que

o processo de impressão do objeto é controlado por um computador (Pirjan & Petroanu, 2013).

Este método de fabrico aditivo apresenta como limitações o elevado custo de aquisição dos equipamentos de impressão, custos de produção elevados para grandes quantidades de peças e uma escolha reduzida de materiais de impressão, cores e acabamento de superfícies (Berman, 2012). Apresenta também tempos de impressão relativamente elevados, e ainda o facto de as peças tenderem a mostrar uma resistência não-uniforme (Campbell et al., 2012).

Existem sete tecnologias principais de impressão tridimensional das quais derivam outras. Algumas impressoras depositam o material depois de aquecido como no caso do FDM (*Fused Deposition Modeling*), outras fundem grãos finos usando um laser. Existem ainda vários tipos de processos aditivos de metais, como Sinterização Seletiva a Laser (SLS), Sinterização de Metal Direta por Laser (DMLS), Sinterização Seletiva de Metais (SLM).

No caso mais comum, o processo SLS, a impressão 3D é feita seletivamente por sinterização, formando uma massa sólida de material pelo calor, mas sem chegar à liquefação.

A estes processos anteriores podemos ainda acrescentar o processo LOM (*Laminated Object Manufacturing*) que usa a tecnologia laser para cortar e depositar de forma consecutiva finas camadas de material (papel, plástico ou material metálico) e que são ligadas entre si por calor.

O processo FDM não produz resíduos, somente nos casos em que a impressão da peça exige criação de suportes. Como inconvenientes deste processo, podemos apontar a necessidade de criação de suportes em modelos com superfícies inclinadas e baixa resistência das peças segundo o eixo Z (direção de impressão) bem como a sua lentidão.

As principais vantagens do processo SLS é a precisão e alta capacidade para reproduzir geometrias complexas. As peças obtidas por este processo possuem boas características mecânicas e é-lhe permitido uma grande variedade de materiais. Como inconvenientes, no processo SLS, destaca-se o preço elevado das impressoras e a estrutura porosa das peças que pode em alguns casos ser uma desvantagem.

A impressão PolyJet cria objetos 3D através do posicionamento de sucessivas camadas de um fotopolímero líquido segundo as configurações desejadas. O plástico é curado (solidificado) através da utilização da luz UV (ultravioleta). Após este processo, os moldes podem ser colocados numa máquina de injeção e utilizados para a produção de peças protótipos no mesmo material de que é especificado para o produto final. Estes protótipos de elevada precisão possibilitam a capacidade de utilização de peças em exemplos concretos e realistas, contribuindo para a análise do desempenho real do produto.

8.2 Fabrico por CNC

O CNC (Comando Numérico Computorizado) é utilizado em múltiplas aplicações, nomeadamente as que envolvem máquinas ferramenta, tais como, por exemplo: tornos, fresadoras, centros de maquinação ou máquinas de eletroerosão. Contudo, pode também ser utilizado fora deste âmbito, em aplicações como linhas de montagem, manipulação de materiais, inspeção e medida.

Completo et al. (2009) destacam a não intervenção direta do operador durante o funcionamento da máquina a partir de um programa.

Por sua vez, Relvas (2000) define o CNC como todo o dispositivo capaz de dirigir os movimentos de posicionamento de um órgão mecânico, em que os comandos relativos a esse movimento são elaborados de forma totalmente automática a partir de informações numéricas ou alfa-numéricas definidas manualmente ou através de um programa. São quatro as variáveis fundamentais que incidem nas características de um processo automatizado: produtividade, precisão, rapidez e flexibilidade. Estas variáveis permitem escolher o automatismo mais adequado, consoante o número de peças a produzir.

O CNC assume relevância se as séries a fabricar estiverem compreendidas entre 5 e 1000 peças, dada a importância de fatores como a precisão e o tempo de fabricação. A utilização desta tecnologia em séries pequenas só se torna rentável na fabricação de peças de grande complexidade, e quando se pode efetuar a sua programação com a ajuda de um computador.

Vantagens do CNC (Relvas, 2000; Completo et al., 2009):

- Aumento da produtividade, devido principalmente à diminuição do tempo total de maquinação que se deve, por exemplo, à diminuição dos tempos de deslocamentos das ferramentas no vazio;
- Flexibilidade, porque uma máquina CNC é capaz de realizar um maior número de operações comparando com a capacidade de uma convencional;
- Precisão, que se deve ao maior desenvolvimento tecnológico que os mecanismos destas máquinas apresentam;
- Atenuação do fator humano, adicionando a repetitividade e uma grande precisão de execução, o que permite a redução de controlos;
- Integração de equipamentos periféricos tais como: eixos rotativos automáticos, sistemas de aperto de peça automáticos e medição integrada.

Desvantagens do CNC:

- Investimento inicial elevado;
- Manutenção exigente e especializada;
- Não elimina completamente os erros humanos;
- Necessita de operadores mais especializados, embora em menor número;
- Não tem vantagens evidentes para séries pequenas ou para peças únicas.

8.3 Fundição

A tecnologia de fundição permite a produção de peças com qualquer forma geométrica, de qualquer dimensão e praticamente em qualquer metal ou liga.

Apesar dos processos de fundição serem muitos e variados, todos eles consistem, basicamente, na obtenção de peças através da solidificação de um metal ou liga metálica no interior de uma moldação (conjunto de elementos em materiais apropriados que definem

o molde) com a configuração desejada da peça a obter. Praticamente, quase todos os tipos de metais e ligas metálicas podem ser vazadas em moldes desde o seu estado líquido (Nunes, 1999).

Usando o princípio de Arquimedes: “*o líquido toma a forma do vaso que o contém*”, o processo tecnológico de fundição é talvez o processo de conformação de materiais metálicos que maior liberdade de formas permite, com a vantagem da otimização do fator económico, pelo facto de ser o caminho mais curto entre a matéria prima e a forma final do produto, englobando um conjunto de tecnologias alternativas que pela sua multiplicidade, põe em jogo um grande número de parâmetros abrangidos pelos mais variados ramos da ciência (Ferreira, 1999).

O objetivo da fundição é o de produzir peças com determinadas propriedades, tanto metalúrgicas como mecânicas, e com a forma, dimensões, acabamento e tolerâncias definidas na fase do projeto dessas mesmas peças. E existem diversos processos de fundição que se podem dividir em três: fundição em molde de areia, fundição em molde metálico e, fundição de precisão ou cera perdida.

Ou seja, todos os processos de fundição consistem na fusão da matéria prima a ser moldada em moldes. E ‘molde’, é o nome dado normalmente à peça que servirá para imprimir o negativo da fusão com a forma da componente fundida. Para a fabricação do molde, pode-se utilizar madeira, plásticos, metais como o alumínio ou ligas de ferro fundido.

Este tipo de processo está por norma associado a alta qualidade ou fabrico de peças repetidas em larga escala. Isto é, serve normalmente para produção de grandes quantidades de peças, embora o custo de fabrico do molde possa ser, por norma, bastante elevado.

8.4 Escolha final

8.4.1 Peças de Jogo

A escolha do material e do processo produtivo das peças do jogo foi uma decisão que resultou do conjunto custo-aspeto-qualidade-tempo, na medida em que foram estas características que foram tomadas como mais importantes para o fabrico dos mesmos, pela ordem apresentada:

1. O custo. Este foi sempre uma limitação apresentada, uma vez que o orçamento total de fabrico de um jogo completo não deveria ultrapassar os €100;
2. A qualidade/robustez das peças e o seu acabamento. Foram fatores importantes para a decisão, uma vez que o objetivo depende em grande parte da qualidade de atração e durabilidade das peças;
3. O tempo de duração para a fabricação de todas as peças.

Dos três processos produtivos acima apresentados excluiu-se liminarmente a fundição porque o preço que custaria fabricar um molde para cada tipo de peça (quinze peças, no total) era incompatível com o orçamento disponível - custos que podem atingir a ordem dos milhares de euros para fundição em metal, em molde de areia ou de precisão.

De início, foi pensado que talvez fosse viável usar um molde de silicone RTV onde se injetaria resina para se obter o produto final neste tipo de material. Mas, uma vez que era necessário que todas as peças fossem estritamente iguais para os encaixes funcionarem corretamente e atendendo à limitação do material disponível, ou pela fraca qualidade de acabamento superficial das peças e ao desgaste que o molde sofre com as sucessivas utilizações resultando no fabrico de peças com ligeiras diferenças de forma entre si, o processo foi excluído.

Excluída a hipótese de fabrico por processos de fundição, restava escolher entre a impressão tridimensional e o fabrico por CNC. Ambas as soluções apresentam variadas possibilidades ao nível de materiais; ao passo que o CNC permite o fabrico em todos os materiais a impressão 3D está mais limitada ao uso de plásticos (por norma, PLA), ou à mistura de PLA com pós de metal ou de madeira.

Na impressão tridimensional havia três situações possíveis: a compra de uma impressora 3D, a utilização autónoma da impressora do DEM (Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro), ou ainda, a subcontratação de impressão a uma empresa especializada.

No que concerne ao fabrico por CNC, uma vez que a compra duma máquina significa valores inoportunos para a RM Consulting, sobrava unicamente a opção da subcontratação externa.

A RM Consulting entendeu - por experiência na utilização de jogos dentro desta temática - que a madeira seria o material mais interessante, tanto ao nível de sensibilidade ao toque, de aspeto físico ou de robustez/dureza. Fabricar peças em metal ou num polímero seriam opções de recurso caso não fosse viável o fabrico em madeira.

Deste modo, definiu-se que o material preferencial a utilizar seria a madeira, em pinho para fabricação por CNC ou *Wood Filament* (filamento de madeira) para impressão 3D.

Na realidade a impressão tridimensional não permite a utilização da madeira - dado ser um método de fabrico aditivo -, mas o *Wood Filament* que é um composto produzido por 70% de PLA e 30% de partículas de pinho, aproxima-se muito na sua forma física à verdadeira madeira de pinho. No entanto, se a opção recair na impressora do DEM, à falta de outro, terá de ser por filamento de PLA convencional uma vez que esta não permite a impressão em filamento de madeira.

Para decidir entre as duas hipóteses de fabrico, procedeu-se à sua quotização em termos genéricos e se alguma destas excederia o orçamento disponível, posteriormente à decisão seria feita uma orçamentação completa, a qual se encontra apresentada no Capítulo 9 - Orçamentação. Para efeito de quotização foram utilizadas o número de peças total indicado na Tabela 6.2.

Ao nível de impressão 3D, utilizou-se a mesma plataforma de orçamentação utilizada aquando do fabrico do protótipo físico (3DHubs) tendo-se obtido como valor mais baixo para impressão de todas as peças em filamento de madeira e 200 microns de resolução €222.31 (Anexo B, Figura B.1). Para uma resolução de 100 microns o valor mais baixo era de €319.45 (Anexo B, Figura B.2).

Quanto ao fabrico por CNC, apenas se conseguiu quotização por peça individualmente e rapidamente se concluiu que os valores seriam muito superiores comparativamente à impressão tridimensional. Nas Figuras B.3, B.4 e B.5 situadas no Anexo B, encontra-se um orçamento por parte da Stratasys para fabrico de cada uma das peças com o valor de cerca de €1000, sendo necessário ao preço apresentado por peça multiplicar pela quantidade total dessa mesma peça, perfazendo um valor final de cerca de €6000. Já a

Rapid Machining oferece um orçamento instantâneo de aproximadamente €2000 só para fabrico de um banco médio (Anexo B, Figura B.6).

Após análise das quotizações instantâneas obtidas, facilmente se chegou à conclusão que ambos os processos estariam muito acima do orçamento desejado.

Os valores apresentados para impressão tridimensional em filamento de madeira ou de PLA convencional são substancialmente mais baixos do que os para produção por CNC. Concluindo, definiu-se que o processo de produção teria de ser a impressão 3D, uma vez que era este que se aproximava mais do orçamento estipulado.

Como os valores oferecidos por subcontratação estavam bastante acima do valor previsto, colocou-se como hipótese de solução fazer uso da impressora do DEM; ou, a RM Consulting adquirir para uso próprio uma máquina deste tipo. Nesta situação foi necessário calcular os valores para ambas as soluções implicados na produção de todas as peças, tal como representado no Capítulo 9 - Orçamentação.

8.4.2 Caixa de Transporte

O material escolhido para a caixa de transporte, como não poderia deixar de ser, foi madeira de pinho. Quanto ao processo produtivo, decidiu-se que se compraria uma caixa com medidas standard, pré-feita, à qual se acrescentariam os baixos relevos, os alçapões e as divisórias.

A forma mais fácil de produzir os baixos relevos é com corte de laser, ou de uma forma mais manual utilizar um pirogravador. Quanto à criação das divisórias e dos alçapões, utilizou-se a colagem por processo manual de forma a manter as divisórias perpendiculares ao seu alçapão e conectadas entre si.

Capítulo 9

Orçamentação

A estimativa de custos e preços é um dos processos mais importantes na gestão de empreendimentos. A estimativa de custos ou orçamento inicial permite estabelecer o custo base para as diferentes fases da construção e representa uma previsão (estimativa) do orçamentista com os elementos que dispõe à data.

Esta é seguramente uma área em que a experiência e os conhecimentos do engenheiro e/ou do orçamentista responsável têm uma grande importância na aplicação dos princípios e técnicas de orçamentação com intuito de reduzir problemas com a estimativa dos custos e o seu controlo e, principalmente, potenciar os lucros e otimizar as receitas (Hendrickson & Au, 1989).

A gestão de custos de um processo produtivo inclui diversos processos importantes tais como os da estimativa de custos (*estimating*), a orçamentação/reorçamentação (*budgeting*) e o controlo de custos de forma a garantir que o produto seja executado dentro do orçamento estipulado (PMI, 2008).

Fazer uma estimativa de preços ou executar um orçamento inicial significa determinar de uma forma aproximada a quantidade de material, tempo ou todos os custos necessários, para executar um produto, com o intuito de obter informações indispensáveis para serem deliberadas decisões fundamentais para a sua construção (Carr, 1989).

Segundo o mesmo autor é necessário compreender as noções fundamentais de orçamentação quer para o ensino académico quer a nível profissional. Desta forma surgem alguns princípios gerais para orçamentação criados desenvolvidos por Robert Carr (1989):

- **Realidade:** Elaborar um orçamento é mais do que apresentar valores e preços para os artigos, o desafio encontra-se em reproduzir um orçamento que reflita com precisão a realidade do empreendimento. Um orçamento deverá ser elaborado através da experiência e sensibilidade do engenheiro, no entanto para se orçar ao nível de detalhe desejado, o engenheiro ou responsável pelo orçamento, deverá seleccionar todos os recursos desde os materiais, equipamentos, métodos de construção e mão-de-obra. Usando a melhor informação o engenheiro poderá então estimar o custo dos trabalhos a realizar com os recursos escolhidos. A informação não deverá ser seleccionada por conveniência para o engenheiro ou para os objetivos do empreendimento, toda a informação deverá ser coerente com factos e dados reais durante a execução do mesmo;
- **Nível de Detalhe:** Elaborar um orçamento é um processo moroso e oneroso, como tal deverá apresentar o nível de detalhe necessário para que as decisões a

serem tomadas sejam relevantes e bem fundamentadas. O nível de detalhe deverá estar em consonância com as diferentes fases processuais do empreendimento, uma vez que o detalhe exigido é diferente numa fase ainda de projeto, onde as decisões poderão sofrer alterações tal como o âmbito do empreendimento do que o detalhe necessário numa fase de produção onde já será necessário um nível de detalhe mais elaborado ao nível do controlo;

- **Plenitude:** O engenheiro responsável pelo orçamento deverá ver para além dos principais artigos do orçamento e do custo para a sua construção. O engenheiro apenas descreve o detalhe ao nível estritamente necessário para a tomada de decisões, enquanto a plenitude e o rigor do orçamento asseguram que todos os custos se encontram incluídos;
- **Documentação:** O Orçamento é um documento permanente que serve de base nas negociações entre as partes envolvidas, como tal deverá ser um documento sob um formato que possa ser entendido, analisado e corrigido sempre que necessário. Os métodos da construção, os recursos a serem utilizados e as suas distribuições no processo construtivo deverão constar no orçamento. Deverá estar devidamente organizado para facilitar o seu acompanhamento e poderá servir como um documento oficial na resolução de problemas que poderão surgir;
- **Custos Variáveis e Fixos:** Os custos podem ser classificados conforme as suas oscilações consoante as alterações das quantidades orçamentadas do empreendimento. As quantidades do orçamento podem ser descritas em diversas formas e alguns artigos poderão ver os seus custos alterados ou não, no caso de alterações nas quantidades do orçamento. Se um custo se mantiver inalterado, apesar das alterações no volume ou na quantidade, então este artigo apresenta um custo fixo. Todas as atividades apresentam custos fixos ou variáveis durante a sua execução.
- **Contingências:** Um orçamento é uma previsão, aproximação que fornece informações necessárias para as tomadas de decisão mais importantes. Como tal incorre na incerteza e na indefinição por natureza e o engenheiro tem de lidar não só com essa incerteza durante todo o processo construtivo, como também tem de estimar e controlar essa incerteza. Uma contingência é uma ocorrência imprevista durante a construção de um empreendimento.

Neste capítulo a orçamentação estará dividida em três partes, a saber:

- As peças de jogo;
- A caixa de transporte;
- Os manuais e documentação técnica.

Para a realização da orçamentação para as três partes foram considerados os tópicos antes abordados e por forma a que se possa obter da forma mais correta, completa e aproximada à realidade uma estimativa de custo de produção de todos os elementos do jogo.

Na orçamentação das peças de jogo - incluindo as três peças de *poka-yoke* - fizeram-se duas simulações: uma com o *software* da Beeverycreative para a impressora Beethefirst+

com o intuito de analisar se seria mais vantajoso adquiri-la; a outra simulação, com o *software* da impressora do DEM, uma Leapfrog Creatr 2014.

9.1 Peças de Jogo

Uma vez definido o processo de produção das peças de jogo através do método de fabrico aditivo - impressão tridimensional - recorreu-se a uma ficha em formato excel na qual se encontra contido o cálculo de todos os gastos inerentes à produção do jogo. Nestas despesas estão contabilizados os custos da eletricidade e do filamento tridimensional por peça e do *poka-yoke*.

Para a realização da orçamentação utilizaram-se o *software* de utilização gratuita da Beeverycreative e o Cura - *software* utilizado no DEM -, nos quais foram inseridos os tabuleiros de peças em formato STL, preenchidos ao máximo e com as peças dispostas na posição que permitisse maior velocidade de impressão. Obteve-se o peso de cada peça e o tempo de impressão da mesma. Fizeram-se duas simulações em cada *software*, uma com resolução de 100 microns e preenchimento interior de 5% do volume e outra com resolução mais baixa de 200 microns e preenchimento de 10%.

Importa registar que apesar de se fazer uma comparação entre a utilização das duas impressoras, a Beethefirst+ implicava a sua aquisição por parte da RM Consulting, ao passo que a utilização da Leapfrog Creatr não implica qualquer custo de aquisição de material à exceção da compra do filamento de impressão.

No entanto, a impressora do DEM não permite impressão em filamento de madeira, uma vez que é um modelo já com algum tempo e que possui um nozzle de tamanho reduzido, a utilização deste tipo de filamento provocaria o constante encravamento da cabeça extrusora, sendo que a sua utilização obrigava à utilização de bobines de PLA convencional.

Considerou-se que uma bobine de 600g de filamento de madeira tem um custo de €34,99 (Worten - Equipamentos para o lar, S.A., 2017) - aplicável apenas à Beethefirst+ -, que uma bobine de PLA convencional tem um custo de €19,99 por 1000g (Worten - Equipamentos para o lar, S.A., 2017) e que o custo de eletricidade inclui a taxa fixa de €1.02 mais o custo variável de €0.1365/kWh (EDP Comercial, 2016) [potência da Beethefirst+ é de 65W (Beeverycreative, 2014), ao passo que a Leapfrog Creatr tem 920W de potência (Leapfrog 3D Printers, 2017)].

9.1.1 100 microns e 5% de preenchimento

Beethefirst+

A orçamentação obtida para fabrico das peças todas do jogo através da utilização da Beethefirst+ com resolução de 100 microns e 5% de volume interior preenchido é de €80.29, valor este que inclui o custo do filamento de madeira e o custo da eletricidade associado ao gasto produzido pela máquina (potência de 65W). De facto, este valor - ainda que falte o custo de produção da caixa de transporte - já se aproxima, sendo mesmo inferior, ao valor estipulado inicialmente para o fabrico do jogo.

Da análise da Tabela 9.1 é também possível observar que as peças que demoram mais tempo a serem produzidas são a base e a lateral, este facto deve-se principalmente à complexidade das suas geometrias. A produção das peças com esta máquina e com esta

precisão de acabamento necessita de quase 13 dias em contínuo, ou seja trabalhar 24/24 horas.

Tabela 9.1: Orçamentação para fabrico das peças do jogo e *poka-yoke* por impressão 3D de filamento de madeira através da impressora Beethefirst+ - 100 microns e 5% de preenchimento.

PEÇAS			POKA-YOKE		
	Peso (g)	Tempo (h)		Peso (g)	Tempo (h)
Banco Pequeno	17,76	3,95	1	55,62	6,38
Banco Médio	36,06	8,30	2	44,3	5,58
Base	290,88	66,58	3	59,77	6,85
Lateral	217,56	64,54			
Lateral (porta)	52,21	14,25			
Leme	68,84	18,36			
Mastro	50,27	12,25			
Motor	58,05	15,52			
Pino	9,68	2,73			
Ponteira1	87,64	22,40			
Ponteira2	87,64	22,40			
Proa Grande	36,29	9,03			
Proa Pequena	29,96	7,08			
Toldo	64,53	13,26			
Vela1	36,87	8,05			
Vela2	8,46	1,10			
TOTAL	1152,70	289,80		159,69	18,81
			TOTAL PESO		1312,39 g
			TOTAL HORAS		308,61 h
			TOTAL DIAS		12,86 dias
			CUSTO TOTAL		80,29 €

Leapfrog Creatr 2014

A orçamentação obtida para fabrico das peças todas do jogo através da utilização da impressora do DEM, a Leapfrog Creatr com resolução de 100 microns e 5% de volume interior preenchido é de €65.06, valor este que inclui o custo do fabrico em filamento de PLA convencional e o custo da eletricidade associado ao gasto produzido pela máquina (potência de 920W), encontra-se representada na Tabela 9.2.

Comparativamente ao valor em impressão com a mesma resolução mas com a impressora da Beeverycreative há um decréscimo do orçamento - mesmo tendo esta impressora um custo de eletricidade inferior - que se deve principalmente à diferença de preço entre filamentos.

Tabela 9.2: Orçamentação para fabrico das peças do jogo e *poka-yoke* por impressão 3D de filamento de PLA através da impressora Leapfrog Creatr - 100 microns e 5% de preenchimento.

PEÇAS			POKA-YOKE		
	Peso (g)	Tempo (h)		Peso (g)	Tempo (h)
Banco Pequeno	22	3,40	1	74	4,62
Banco Médio	45	6,45	2	60	6,80
Base	304	46,91	3	77	8,98
Lateral	282	47,59			
Lateral (porta)	67	11,43			
Leme	82	12,10			
Mastro	64	12,92			
Motor	116	17,88			
Pino	8	1,45			
Ponteira1	59	17,17			
Ponteira2	59	17,17			
Proa Grande	47	7,76			
Proa Pequena	39	6,22			
Toldo	76	8,55			
Vela1	42	5,16			
Vela2	18	1,92			
TOTAL	1330	224,08		211	20,40
			TOTAL PESO		1541 g
			TOTAL HORAS		244,48 h
			TOTAL DIAS		10,19 dias
			CUSTO TOTAL		65,06 €

9.1.2 200 microns e 10% de preenchimento

Beethefirst+

A orçamentação obtida para fabrico das peças todas do jogo através da utilização da Beethefirst+ com resolução de 200 microns e 10% de volume interior preenchido é de €78.84, valor este que inclui o custo do filamento de madeira e o custo da eletricidade associado ao gasto produzido pela máquina (potência de 65W). Este valor é inferior ao da produção com maior resolução na mesma máquina; mesmo que a densidade da peça aumente, o que na teoria implicaria aumento da quantidade de material na prática não se verifica dado que como a resolução baixa a quantidade de material despendido na construção das camadas é também inferior.

Tal como nas simulações anteriores, a produção das peças com esta máquina e com esta precisão de acabamento necessita de pouco mais de 7 dias em contínuo, ou seja trabalhar 24/24 horas.

Tabela 9.3: Orçamentação para fabrico das peças do jogo e *poka-yoke* por impressão 3D de filamento de madeira através da impressora Beethefirst+ - 200 microns e 10% de preenchimento.

PEÇAS			POKA-YOKE		
	Peso (g)	Tempo (h)		Peso (g)	Tempo (h)
Banco Pequeno	17,99	2,68	1	55,62	6,38
Banco Médio	37,13	4,33	2	44,30	5,58
Base	290,88	35,50	3	59,77	6,85
Lateral	217,56	28,13			
Lateral (porta)	52,21	7,03			
Leme	68,84	10,06			
Mastro	50,27	6,15			
Motor	58,37	9,30			
Pino	9,49	1,23			
Ponteira1	87,72	12,86			
Ponteira2	87,72	12,86			
Proa Grande	36,43	5,40			
Proa Pequena	29,69	3,88			
Toldo	61,35	8,01			
Vela1	34,59	4,10			
Vela2	8,49	1,13			
TOTAL	1148,73	152,69		159,69	18,81
			TOTAL PESO		1308,42 g
			TOTAL HORAS		171,51 h
			TOTAL DIAS		7,15 dias
			CUSTO TOTAL		78,84 €

Leapfrog Creatr 2014

A orçamentação obtida para fabrico das peças todas do jogo através da utilização da impressora do DEM, a Leapfrog Creatr com resolução de 200 microns e 10% de volume interior preenchido é de €51.04, valor este que inclui o custo do fabrico em filamento de PLA convencional e o custo da eletricidade associado ao gasto produzido pela máquina (potência de 920W), encontra-se representada na Tabela 9.4. Comparativamente ao valor em impressão com a mesma resolução mas com a impressora da Beeverycreative há um decréscimo do orçamento - mesmo tendo esta impressora um custo de eletricidade inferior - que se deve principalmente à diferença de preço entre filamentos.

Um dado interessante a registar é que a quantidade de filamento necessário para esta impressão é a mesma que com preenchimento de volume interior maior - caso da impressão com resolução de 100 microns para a mesma máquina; estes valores são indicados pelo *software* utilizado para gerar o Código G (*Gcode*), Cura 15.04.

Além disso, o fabrico dos componentes do jogo através desta impressora com este tipo de resolução é sem dúvida o mais vantajoso tanto ao nível de tempo como ao nível de custo global.

Tabela 9.4: Orçamentação para fabrico das peças do jogo e *poka-yoke* por impressão 3D de filamento de PLA através da impressora Leapfrog Creatr - 200 microns e 10% de preenchimento.

PEÇAS			POKA-YOKE		
	Peso (g)	Tempo (h)		Peso (g)	Tempo (h)
Banco Pequeno	22	1,85	1	74	4,62
Banco Médio	45	3,58	2	60	3,83
Base	304	25,31	3	76	4,88
Lateral	282	25,93			
Lateral (porta)	67	6,20			
Leme	122	18,68			
Mastro	64	6,71			
Motor	116	9,43			
Pino	8	0,82			
Ponteira1	58	4,80			
Ponteira2	58	4,80			
Proa Grande	47	4,32			
Proa Pequena	39	3,53			
Toldo	74	4,85			
Vela1	42	3,13			
Vela2	18	1,45			
TOTAL	1366	125,93		210	13,33
			TOTAL PESO		1576 g
			TOTAL HORAS		139,26 h
			TOTAL DIAS		5,80 dias
			CUSTO TOTAL		51,04 €

9.2 Caixa de Transporte

Ao nível de orçamentação da Caixa de Transporte, e uma vez que a escolha recaiu pela compra de uma caixa standard à qual serão acrescentados os alçapões e as suas divisórias, o envernizamento e a gravação em baixo relevo do símbolo do moliceiro *lean* e da RM Consulting. Assim, nesta secção (Tabela 9.5) encontram-se orçamentos para a compra da caixa, da placa de madeira que constituirá as divisórias e o alçapão, do verniz, da cola e da pega de transporte.

No que toca à caixa de madeira em si, procuraram-se as caixas com as dimensões pretendidas tendo-se optado pela mais barata das encontradas, com um custo de €16 da loja Bazar da China; esta é feita em madeira de pinho e já inclui as dobradiças e o fecho.

A placa para as divisórias tem as dimensões de $122 \times 61 \times 0.36$ cm, é feita em contraplacado e optou-se pela da Maxmat. Apesar da mesma placa custar apenas €1,79 no Leroy Merlin, o facto desta loja não existir em Aveiro dificultou a sua compra; de qualquer forma fica registado que o preço mais baixo seria este.

A escolha da pega de transporte recaiu na do Ikea, uma vez que a diferença de preço para as suas concorrentes não era significativa e porque esteticamente era a que mais se aproximava da projetada. Além disso, o facto de o autor já ter uma destas pegas fez com que não fosse necessário proceder à sua compra, devendo no entanto ser contabilizado o seu valor para efeitos de orçamentação.

Quanto ao envernizamento da caixa e das suas divisórias optou-se por uma lata de

Tabela 9.5: Orçamentação obtida para compra de todos os componentes necessários ao fabrico da Caixa de Transporte.

ITEM	LOJA	PREÇO
Caixa de madeira	Bazar da China	€16,00
	Grande Loja da China	€19,00
	MaxChina	€29,00
	Izibuild	€36,99
Placa para divisórias	Maxmat	€6,99
	Aki	€9,99
	Leroy Merlin	€1,79
	Izibuild	€9,99
Pega de transporte	Ikea	€3,50
	Aki	€2,69
	Leroy Merlin	€2,79
Verniz	Aki	€3,99
	Leroy Merlin	€4,99
Cola	Aki	€1,59
	Leroy Merlin	€1,59
	Maxmat	€1,89

0.25L de verniz de madeiras interiores da loja Aki, capaz de cobrir uma superfície de $3m^2$ e com um custo de €3,99.

A cola que serve para união das divisórias entre si e dos alçapões, escolheu-se a embalagem de cola de madeiras de 250g do Aki por ser a mais barata.

É de salientar que toda a montagem da caixa e dos seus componentes, envernizamento e gravação em baixo relevo da mesma é feita pelo autor, não sendo por esse motivo acrescentados à orçamentação do produto o custo de fabrico. No entanto, e como forma de referência para réplicas futuras regista-se que o tempo necessário para fabrico completo da mesma foi de 20 horas.

9.3 Documentação Técnica

A documentação técnica é impressa em alta qualidade, em papel de 120g brilhante. Deverá ser impressa em formato A3 - tanto o manual como o folheto de instruções - e posteriormente cortadas as margens.

Na Tabela 9.6 encontra-se representada a orçamentação para impressão das 24 folhas do manual do utilizador, das 6 folhas do folheto de instruções e o corte de todas. Foi ainda necessário planificar ambos os documentos para que quando impressos, tenham um formato de magazine.

Tabela 9.6: Orçamentação obtida para impressão da Documentação Técnica.

SERVIÇO	QUANTIDADE	PREÇO
Impressão A3 – 120g (cores)	30	€0,50
Corte	6	€0,40
	TOTAL	€17,40

9.4 Custo total de produção

Depois de resumidas e orçamentadas todas as opções disponíveis, e tendo sempre em conta as necessidades estabelecidas e os requisitos definidos pela RM Consulting, procedeu-se à escolha e orçamentação final.

A produção do jogo será por impressão tridimensional de peças, através da impressora do DEM assegurada pelo autor da dissertação. A construção da caixa de transporte será assegurada manualmente pelo mesmo. A documentação técnica (manual e folheto) serão impressos em papel brilhante.

Na Tabela 9.7 é possível verificar o custo total de produção deste jogo nas condições estabelecidas, tendo em conta todos os materiais que são necessários comprar. A este valor não é contabilizado por exemplo, o custo da eletricidade, uma vez que é produzido no Departamento de Engenharia Mecânica, ou até o custo de mão de obra dado que é feito na sua totalidade pelo autor da dissertação.

Tabela 9.7: Orçamentação obtida para compra de todos os componentes necessários ao fabrico do jogo.

ITEM	LOJA	PREÇO	QUANTIDADE
Filamento	Media Markt	€19,90	2
Caixa de madeira	Bazar da China	€16,00	1
Placa para divisórias	Maxmat	€6,99	1
Pega de transporte	Ikea	€3,50	1
Verniz	Aki	€3,99	1
Cola	Aki	€1,59	1
Documentação Técnica	ActivCopy	€17,40	1
	TOTAL	€89,27	

Assim, tem-se que o custo final de produção deste jogo é de cerca de €90. Com contabilização total do número de horas de trabalho (considerando um custo de €10/hora) e custo de eletricidade, o valor de produção de um jogo com este método produtivo rondaria os €2800. Uma vez que o tempo de impressão é de cerca de 245 horas, que o tempo de produção da caixa e seus compartimentos ronda as 20 horas, o custo de produção refletiria um valor elevadíssimo.

Capítulo 10

Planificação da Produção

O planeamento e controlo da produção é determinante para o desempenho de um sistema produtivo. Um bom sistema de planeamento e controlo da produção pode não ultrapassar as deficiências do projeto e organização do mesmo sistema, mas dita em muitos casos a sua sobrevivência ou não no mercado (Carvalho, 2000).

O sistema de planeamento e controlo de produção (PPC - *Production Planning and Control*) faz parte do sistema de informação do sistema produtivo e tem ênfase nos materiais, máquinas, pessoas e fornecedores. Tanto o sistema de planeamento e controlo de produção como o próprio sistema de produção são concebidos para ir de encontro às condições do mercado e às condições impostas pela estratégia da empresa (Vollmann et al., 1992). Um sistema de PPC eficiente pode trazer à empresa vantagens competitivas substanciais no mercado onde se insere; mas, o que é eficiente hoje pode não o ser amanhã.

Um sistema de planeamento e controlo de produção fornece informação por forma a gerir eficientemente os fluxos de materiais, a utilizar eficientemente pessoas e equipamentos, coordenar as atividades internas com as dos fornecedores e comunicar com os clientes sobre as necessidades do mercado. A chave nesta definição é a necessidade da gestão em usar a informação por forma a tomar decisões inteligentes. O sistema de PPC não toma decisões ou gere as operações - gestores levam a cabo essas atividades. O sistema fornece o suporte para que eles o façam com sensatez (Carvalho, 2000).

Na planificação da produção efetuada foi necessário definir a quantidade mínima de peças a produzir, o tamanho dos encaixes, os suportes necessários para uma correta impressão tridimensional e a sequência de impressão ou divisão de peças em tabuleiros da impressora. Para cada uma destas definições encontra-se de seguida uma secção dedicada, na qual se explica a sua necessidade e se justifica qualquer tipo de escolha.

10.1 Quantidade mínima de peças a fabricar

Uma das partes mais morosas foi a definição da quantidade máxima de peças a utilizar durante o jogo e conseqüentemente a quantidade mínima de peças a fabricar.

Na Tabela 10.1 encontra-se representado para cada ronda a quantidade de peças em utilização, sendo que na penúltima coluna aparece o número máximo de cada tipo de peça (tendo em consideração todas as rondas). Na última coluna da mesma tabela, encontra-se o número de peças a produzir para cada tipo.

No processo de quantificação das peças, em primeiro lugar, definiu-se a quantidade

máxima de cada tipo de peça em utilização por ronda; depois, foram acrescentadas ao máximo das peças, aquelas que são constituintes do exemplo, uma vez que é necessário que em cada posto de trabalho esteja montado um exemplo da montagem a fazer no mesmo local (a partir da introdução da ferramenta 5S, na terceira ronda).

Tabela 10.1: Quantidade máxima de peças por ronda e quantidade mínima de peças a fabricar.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Máx. Peças	Nº Peças a fazer
Pedido		10L1V	16L1V	16L1V	10L1V 5L2V 5L2V*	10L1V 10L2V	4L1V 4L2V 2M1 2M1* 2M2 2M2* 4M3	4L1V 4L2V 4M1 4M2 4M3	4L1V 4L2V 4M1 4M2 4M3	2L1V 2L2V 2M1 2M2 2M3 1L1VP* 1L1VP 1L2VP* 1L2VP 1M1P* 1M1P 1M2P* 1M2P 1M3P* 1M3P	2L1V 2L2V 2M1 2M2 2M3 2L1VP 2L2VP 2M1P 2M2P 2M3P	2L1V 2L2V 2M1 2M2 2M3 4M1PT 3M2PT 3M3PT	2L1V 2L2V 2M1 2M2 2M3 4M1PT 3M2PT 3M3PT		
Conceito <i>Lean</i> introduzido				5S		Redu. Lotes		Layout em U	Análi. Fluxo Valor		Super- merc.		<i>Poka- -Yoke</i>		
Tempo (min)		5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
Nº Peças	Banco Médio	0	0	0	20	20	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Banco Pequeno	20	30	30	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	21
	Base	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	26
	Lateral	20	30	30	40	40	40	40	40	30	30	30	30	40	44
	Lateral (porta)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	11
	Leme	10	15	15	20	20	8	8	8	8	8	4	4	20	22
	Mastro	20	30	30	40	40	16	16	16	16	16	28	28	40	40
	Motor	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	16	16	16	17
	Pino	20	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	42
	Ponteira1	20	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	46
	Ponteira2	20	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	46
	Proa	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	22
	Ré	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	22
	Toldo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
	Vela	10	15	15	15	20	8	8	8	8	8	4	4	20	20

Todas as peças que são montadas no último posto de trabalho - os acessórios: bancos, mastro, toldo e vela - não necessitam de exemplo físico à sua frente uma vez que se deverão orientar pela Tabela 6.4 e que se encontra representada tanto no manual do jogo como no folheto de instruções.

As peças que são montadas no primeiro posto de trabalho precisam de ter a peça que estão a montar mais o seu exemplo em três postos de trabalho, o que dá um acréscimo de 2 (peças) \times 3 (postos de trabalho - o último não conta), ou seja 6 peças; este caso é aplicável à base e às ponteiras.

As que são montadas no segundo posto de trabalho, as laterais e as restantes ponteiras, foram submetidas ao mesmo tipo de raciocínio, sendo necessário fabricar mais 4 peças do que o número máximo em utilização (menos um posto de trabalho); a lateral com porta é uma exceção dado que a mesma só é utilizada a partir da nona ronda.

No terceiro posto de trabalho, local onde se colocam os pinos, a proa e a ré é necessário somar duas peças à quantidade máxima utilizada.




10.2 Tamanho de encaixes

O facto do método de fabrico escolhido ter sido a impressão 3D, faz com que os tolerâncias de fabrico das peças não possam ser definidos previamente com grande precisão. Como todas as peças que constituem o moliceiro se encaixam entre si foi necessário fazer um teste a todos os tipos de encaixe, de modo iterativo, com a diminuição do tamanho do macho e com o objetivo de encontrar a medida certa para o encaixe.

O processo foi feito de acordo com a seguinte sequência: fabrico do tamanho do encaixe macho igual ao encaixe fêmea seguido de uma diminuição iterativa de 0,25 mm até ao valor correto.

Na Tabela 10.2 encontram-se todos os tipos de encaixe acompanhados de uma fotografia da sua impressão e do seu tamanho. O valor deste que é de 0,25 mm ou de 0,50 mm, significa que à medida unitária inteira anterior ao tamanho do encaixe fêmea é-lhe acrescentado o valor indicado - por exemplo, se o encaixe cilíndrico tiver um diâmetro de 5 mm, o valor do macho correspondente é de 4,25 mm (para um tamanho de 0,25 mm).

Tabela 10.2: Tipo de encaixe e consequente tamanho para impressão.

ENCAIXE		TAMANHO
Cilíndrico (mastro, toldo, vela, bancos)		0,25mm
Paralelepípedo (pino, motor, leme)		0,25mm
Lateral-Ponteira		0,25mm
Ponteira - Base		0,50mm

Encontrados que estavam os tamanhos certos dos encaixes, procedeu-se à correção de todas as peças em ficheiro de CAD tendo em conta os novos requisitos, seguido da conversão para ficheiro do tipo STL para que possa ser aberto no *software* de geração de Código G (Cura) e posteriormente enviado para a impressora 3D.

10.3 Definição de tabuleiros

O *software* de geração de Código G utilizado, através do seu algoritmo de código para impressão faz com que o número de peças por tabuleiro não seja proporcional ao tempo de impressão. Assim, quanto mais peças foram impressas ao mesmo tempo menor será o tempo por peça que a máquina necessita para a imprimir.

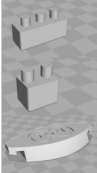

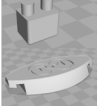







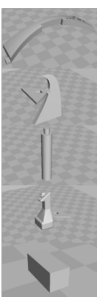




A priori, a forma mais rápida para a obtenção de todas as peças seria através do preenchimento máximo dos tabuleiros da impressora. No entanto é uma vez que esta

imprime camada a camada por peça - faz impreterivelmente uma camada em cada peça por cada passagem - ao invés de imprimir peça a peça, há um risco elevado da impressão toda ser desaproveitada caso exista algum problema durante a mesma (falha de luz, uma peça escorregar do tabuleiro, um problema com a máquina ou o seu *software*, etc.).

Deste modo, é necessário proceder a uma relação de compromisso entre o tempo mínimo de impressão e o risco de perda total do tabuleiro. Outro aspeto a definir é a posição das peças no tabuleiro; a impressora necessita de mais tempo para fazer movimentos verticais do que horizontais, portanto quanto menos altura tiver a peça mais rápido é o seu fabrico. Assim sendo, deve-se privilegiar durante a definição dos tabuleiros, o posicionamento da peça que permita uma correta impressão à menor altura possível.

Na Tabela 10.3 encontra-se representado a quantidade de peças por tabuleiro a fabricar, a própria quantidade de vezes que é necessário repetir esse tabuleiro e o posicionamento (orientação) de cada peça no mesmo. É também de salientar que não há mistura de peças no mesmo tabuleiro, ou seja, para cada impressão só há um tipo de peça a fabricar.

Tabela 10.3: Definição dos tabuleiros: quantidade de peças e respetiva orientação.

PEÇA	TABULEIRO		POSIÇÃO	PEÇA	TABULEIRO		ORIENTAÇÃO
	Nº Peças	Quantidade			Nº Peças	Quantidade	
Banco Médio	24	x1		Ponteira	23	x2	
Banco Pequeno	21	x1		Ponteira 2	23	x2	
Base	10	x2		Proa Grande	22	x1	
	6	x1		Proa Pequena	22	x1	
Lateral	20	x2		Toldo	10	x1	
	4	x1		Vela 1	20	x1	
Lateral (porta)	11	x1		Vela 2	20	x1	
Leme	22	x1		Poka-Yoke 1	1	x1	
Mastro	40	x1		Poka-Yoke 2	1	x1	
Motor	17	x1		Poka-Yoke 3	1	x1	
Pino	42	x1					

Da análise da tabela anterior facilmente se verifica que praticamente todas as peças podem ser impressas num só tabuleiro, há exceção da base (duas vezes um tabuleiro de 10 acrescido de uma impressão de seis peças), da lateral (duas vezes um tabuleiro de vinte e ainda um de quatro) e das duas ponteiras que precisam de duas repetições da mesma mesa de impressão.

10.4 Suportes necessários

As impressoras 3D baseadas na tecnologia FDM produzem as peças camada a camada, de baixo para cima, ao aquecer e extrudir um filamento termoplástico. A Leapfrog Creatr utiliza este tipo de tecnologia sendo que o seu processo de fabrico baseia-se nas três seguintes fases (Stratasys Ltd, 2017):

1. **Pré-processamento:** O *software* de preparação de montagem divide e posiciona um arquivo de CAD 3D e calcula um caminho para a extrusão do termoplástico e qualquer material de suporte necessário;
2. **Produção:** A impressora 3D aquece o termoplástico até atingir um estado semilíquido e deposita-o em forma de gotículas ultra finas ao longo do caminho de extrusão. Em locais em que há necessidade de suporte ou *buffering*, a impressora 3D deposita um material removível que atua como andaime;
3. **Pós-processamento:** O utilizador quebra o material de suporte de forma a removê-lo, deixando a peça pronta para usar.

Todas as impressões serão feitas com a opção de '*brim*' ativa. Isto significa que à volta de todas as peças é criada uma primeira camada de filamento, depositado a uma velocidade muito baixa e que impede o escorregamento das peças em relação à mesa de impressão. Apesar de haver um acréscimo de tempo ao tempo total de impressão, a utilização desta ferramenta é imprescindível.

Apesar do *software* utilizado definir automaticamente as peças que precisam ou não de suporte, das peças a produzir e tendo em conta a orientação definida e indicada na Tabela 10.3, as que necessitarão são a base, as laterais, o leme, o motor e as ponteiras.

A base precisa de suportes em todas as zonas de encaixe; uma vez que esta é impressa 'de costas' - rodada 180º em relação à sua posição de utilização - todos os encaixes se encontram entre a peça e a mesa de impressão. As laterais como têm uma forma curva necessitam dos suportes para garantir a conceção correta da sua forma. O leme e o motor precisam de suportes para impressão da sua plataforma de encaixe. As ponteiras têm a necessidade de suporte por forma a garantir que a fêmea do seu encaixe com a lateral é impressa da forma prevista.

10.5 Parâmetros de impressão

Os parâmetros de impressão definidos encontram-se representados na Figura C.1 situada no Anexo C desta dissertação.

Definiu-se que a resolução da impressão (tamanho de cada *layer*) seria de 200 microns - tal como mencionado na Orçamentação -, que a espessura mínima de cada casca seria de 1,2 mm (ou seja, cada superfície exterior de cada peça tem sempre no mínimo 1,2 mm de espessura), que a densidade interior seria de 10% e que a temperatura de impressão era de 210°C (valor recomendado pelo fabricante) (Mundo Reader, 2017). Todos os restantes valores foram os predefinidos pelo *software*.

10.6 Escolha de cores e ordem de impressão

Tal como mencionado no Capítulo 9 - Orçamentação, é necessária a compra de no mínimo, duas bobines de um quilograma de filamento, o que implica que poderão ser escolhidas duas cores para a impressão das peças (poderiam ser mais, se fossem compradas bobines de várias cores, o que implicaria um aumento do custo de produção do jogo, sendo que esta possibilidade não vai de encontro ao limite orçamental imposto). O branco e o preto foram as cores escolhidas para o fabrico aditivo das peças.

Para impressão a branco escolheram-se as seguintes peças: base, ponteiras, laterais, peças constituintes da vela, proa, ré e toldo. Para impressão a preto ficaram as restantes: bancos, pino, mastro, leme e motor. Com esta combinação separam-se os constituintes chave do moliceiro (branco) dos acessórios (preto, há exceção do toldo).

Relativamente à ordem de impressão e uma vez que não há requisitos relativos a esta matéria, começou-se pelo fabrico das pretas e pelas peças de menor dimensão, ou seja pelos bancos, seguido dos pinos, mastro, leme e motor. Procedeu-se à troca da bobine preta pela branca e imprimiram-se as restantes peças pela seguinte ordem: vela, proa, ré, ponteiras, laterais e base.

10.7 Produção da Vela

A vela é um elemento muito característico do moliceiro; são longas e retangulares e eram a principal fonte de locomoção original. Apesar de todas as peças que constituem o jogo serem feitas em plástico, considerou-se que a vela teria na sua fabricação algum têxtil.

As duas peças projetadas para a vela são uma zona superior plana que permite o encaixe no mastro e uma zona inferior que funciona apenas como peso; a ligar estas duas peças é colocada uma tira de tecido branco colada com fita cola de dupla face.

Na Figura 10.1 encontra-se esquematizada a construção da vela. Um pedaço de pano é dobrado a meio - ao longo do seu comprimento - e colado entre si com fita fina de dupla face. Junto à dobra é colocada a peça Vela2 (paralelepípedo fino e comprido), sendo que no topo da peça Vela1 é colado também com fita o tecido.

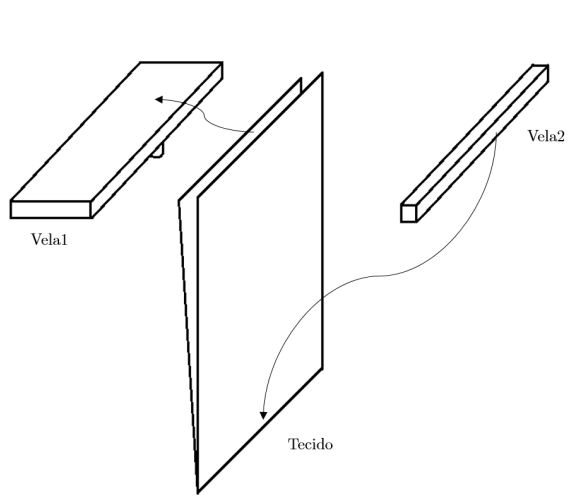


Figura 10.1: Esquema de construção da vela.

10.8 Planificação da Caixa

10.8.1 Compartimentação

Para que a caixa possa ser sempre arrumada da mesma forma e as peças organizadas no seu interior (aplicação da ferramenta *lean 5S*) é necessário conceber uma compartimentação da mesma.

A caixa, conforme Secção 7.1.2 do Capítulo 7, é composta por três alçapões (dois de 6,5 mm de altura - plataformas 1 e 3 - e um de 3,5 mm - plataforma 2), que necessitam de definição das suas divisórias.

Na Figura 10.2 encontra-se ilustrada a compartimentação de cada plataforma e da peça correspondente. Esta ilustração deverá estar contida no manual do jogo para que quem o utilize possa arrumá-lo de forma correta.

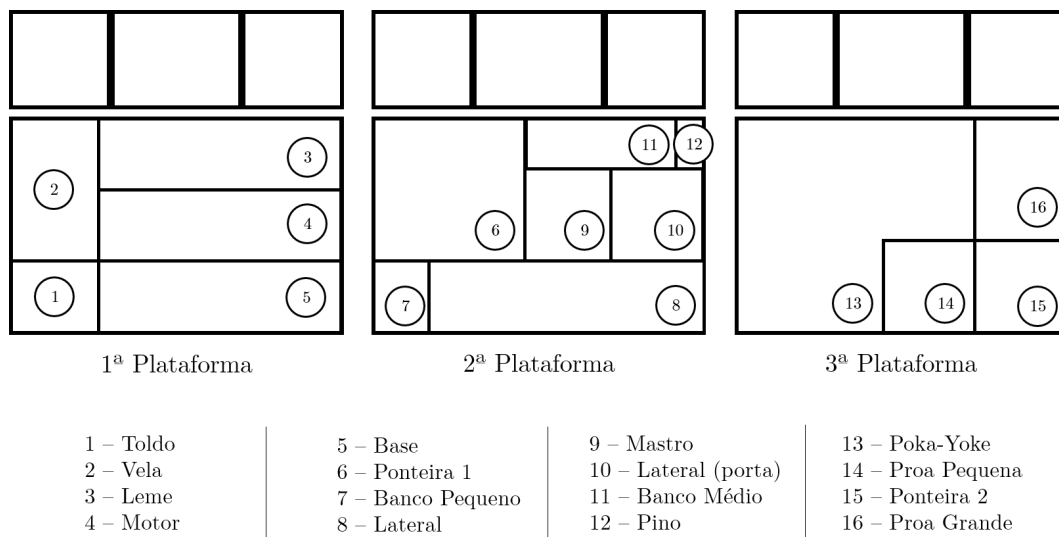


Figura 10.2: Planificação da compartimentação da caixa de transporte.

10.8.2 Planificação da folha de madeira

Registou-se a planificação da folha de madeira de medidas standard. A moldura preta em volta representa os limites da placa com dimensões de 122x61 cm.

Na Figura 10.3 encontram-se representados os cortes necessários para divisão da folha. A identificação está dividida em quatro cores, sendo que a cinzento estão as placas relativas à 1ª plataforma, a azul as da 2ª plataforma, a amarelo as da 3ª e a branco a placa final que cobrirá todas as plataformas e que em conjunto com as duas barras presentes na tampa da caixa impedirão a movimentação inesperada dos alçapões para o espaço da mesma.

A junção das peças cortadas é feita com cola de madeira, devendo todas serem fixadas perpendicularmente à sua base.

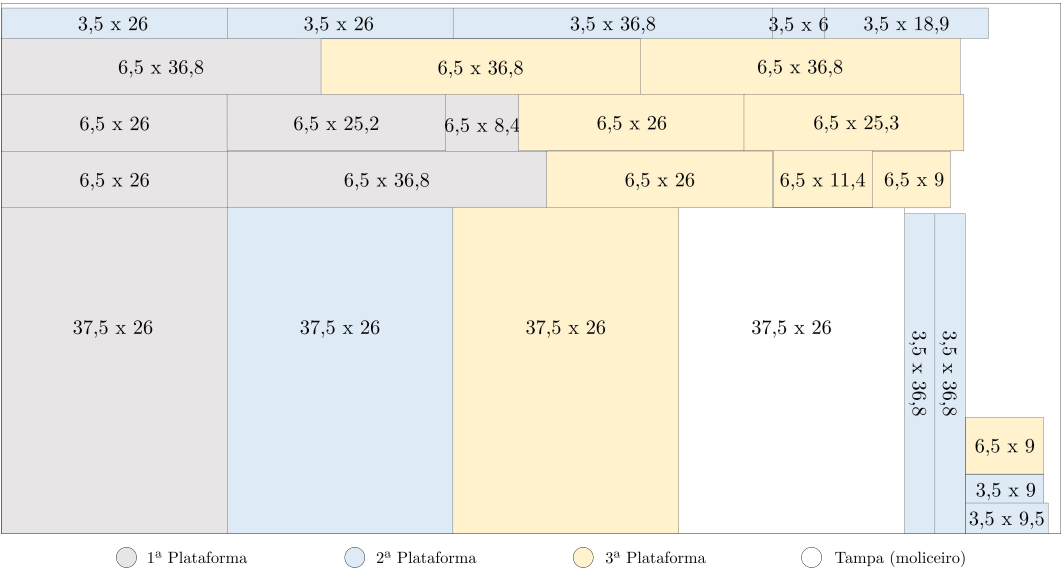


Figura 10.3: Planificação dos cortes da folha de madeira para compartimentação da caixa de transporte.

Capítulo 11

Documentação Técnica

A acompanhar o jogo de tabuleiro há sempre um folheto de instruções, no qual se encontram descritas sugestões e as regras do mesmo, bem como do seu bom desempenho.

Segue no jogo uma sugestão de funcionamento, a qual está descrita nesta dissertação. Ainda assim, na definição do jogo em termos de conceitos e ferramentas e do respetivo encadeamento houve o cuidado em deixar margem de liberdade dos parâmetros para o formador poder aplicar em diferentes cenários da formação.

De forma a materializar um conceito de jogo, procedeu-se à elaboração da documentação técnica do mesmo, nomeadamente à realização de um folheto de instruções (dimensões reduzidas e informação básica) e de um manual (este em formato A4 com informação teórica completa). Em ambos os casos tentou-se elaborar um trabalho cuidado e apelativo visualmente.

11.1 Folheto de Instruções

Na Figura 11.1 encontra-se representado um *mockup* do folheto de instruções, sendo que o mesmo se encontra para leitura nos anexos desta dissertação.

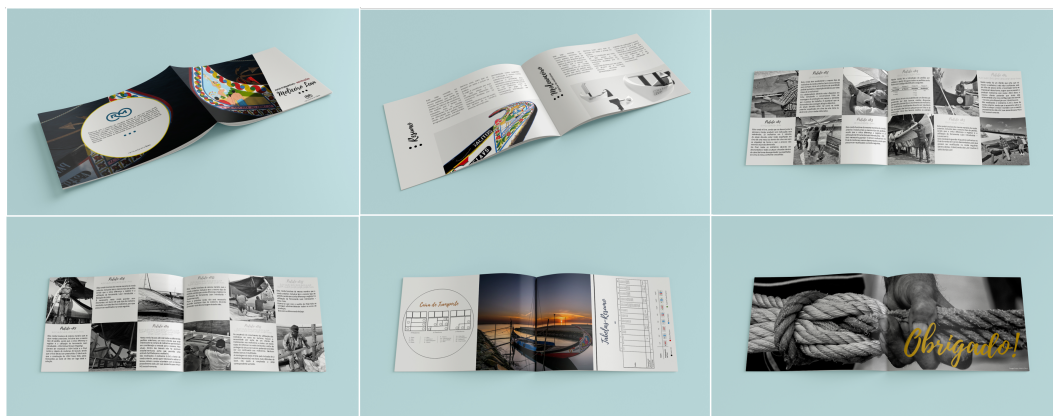


Figura 11.1: *Mockup* do Folheto de Instruções do jogo.

O folheto de instruções é um documento de doze páginas impresso em formato A5. O objetivo do mesmo é ajudar a uma leitura mais rápida do jogo por parte dos futuros

utilizadores. Este folheto contém informação básica, tal como: o número de rondas e seu procedimento, a forma como se deve arrumar a caixa, um quadro resumo do jogo e uma breve introdução ao mesmo.

11.2 Manual do Utilizador

O manual do utilizador é um complemento ao folheto. É um documento maior, mais completo e composto por quase 50 (cinquenta) páginas, onde se encontram detalhados: o funcionamento do jogo, a história do mesmo, o porquê da escolha por moliceiros, sugestão de aplicação prática dos conceitos e toda a informação relativa ao jogo.

Nas Figuras 11.2 e 11.3 encontra-se representado um *mockup* do manual do utilizador, sendo que o mesmo se encontra em versão para leitura nos anexos desta dissertação.

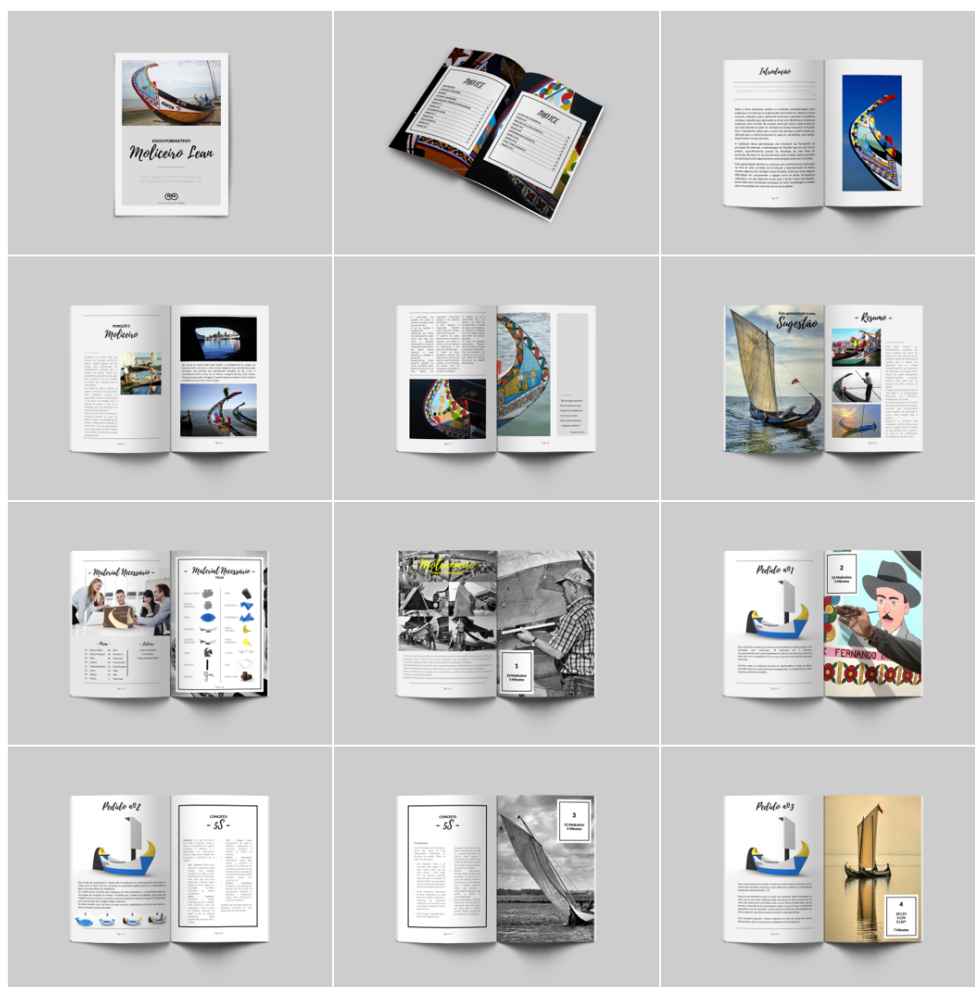


Figura 11.2: *Mockup* do Manual do Utilizador - Parte 1.

Este manual foi criado de forma a responder ao utilizador mais curioso, ou em casos em que o folheto de instruções não possui informação suficiente. Por exemplo, no manual encontram-se sugeridas formas de integrar no jogo as ferramentas *lean*, ao passo que no

folheto apenas são descritos os pedidos e a altura de introdução de conceitos, deixando a forma como são aplicados para escolha do utilizador.

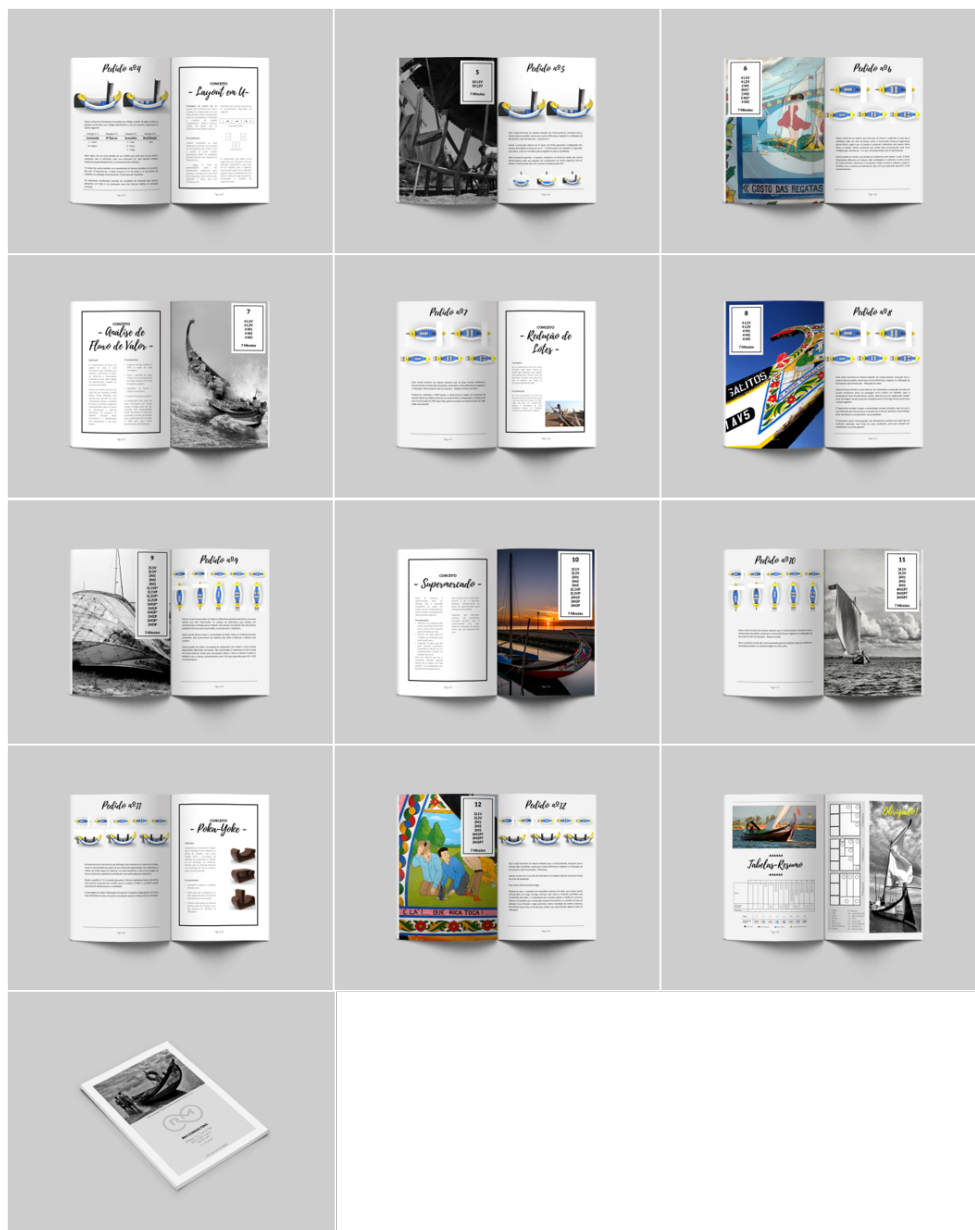


Figura 11.3: *Mockup* do Manual do Utilizador - Parte 2.

Parte III

Resultados e Discussão

Capítulo 12

Resultado final

A construção do produto foi um processo moroso e complicado que culminou no resultado representado nas figuras seguintes.

Caixa de transporte:

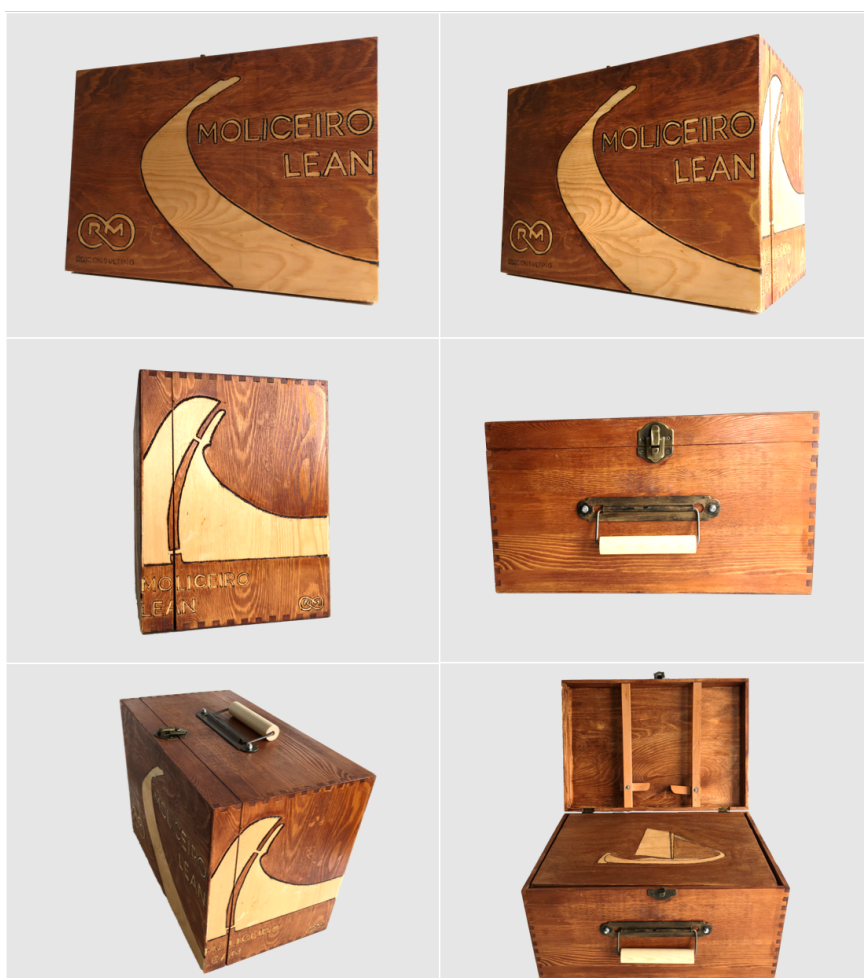


Figura 12.1: Conjunto de fotografias relativas ao produto final - caixa de transporte.

Peças de jogo:

Figura 12.2: Conjunto de fotografias relativas ao produto final - peças de jogo.

Moliceiro assemblado:

Figura 12.3: Conjunto de fotografias relativas ao produto final - moliceiro assemblado.

Conjunto total de jogo:

Figura 12.4: Conjunto de fotografias relativas ao produto final - conjunto total de jogo.

Capítulo 13

Teste do Produto

Após construção do jogo, na totalidade dos seus componentes, procedeu-se ao teste do mesmo. Para tal deverá testar-se primeiro a qualidade de encaixe de todas as peças e posteriormente o funcionamento das mesmas em contexto de jogo. Além disso, será necessário atestar o resultado da materialização do jogo, da construção da caixa de transporte e da elaboração de toda a documentação técnica.

Um dos objetivos seria testar as peças e os seus encaixes, uma vez que através do método de fabrico escolhido as mesmas podem ficar com defeitos de conceção que as impossibilitem de serem utilizadas corretamente.

Para teste dos encaixes reuniu-se uma equipa na RM Consulting, que tentou montar todas as peças para efeitos de controlo de qualidade. Este teste revelou-se desanimador, uma vez que algumas peças do jogo, quando montadas, não permitiam que o moliceiro tivesse uma forma compacta; ou seja, as peças não se mantinham encaixadas dadas as folgas existentes nos encaixes das mesmas.

Posto isto, complicou-se a execução da segunda parte do teste que envolveria a prova de funcionamento da sequência do jogo e das suas rondas, inclusive a forma como são aplicadas as ferramentas *lean*. Esta parte do jogo não é considerada absolutamente essencial, dado que funciona apenas como sugestão para os formadores utilizarem. No entanto, e através do uso de peças de Lego testou-se o funcionamento das ferramentas teóricas (forma como podem ser aplicadas), ficando apenas a faltar o teste do tempo por ronda.

Dadas as condicionantes e ainda no âmbito da construção das peças de jogo, passou-se a:

1. Detecção de falhas e motivo das mesmas;
2. Sugestão de alterações futuras.

Em primeiro lugar detetar as falhas que ocorreram e o seu motivo, tanto ao nível de conceção CAD como de método de fabrico. Em segundo lugar, sugerir alterações por forma a suprimir as falhas existentes.

No que toca às falhas ocorridas há dois principais motivos para a sua ocorrência: o primeiro relaciona-se com o método de fabrico escolhido, o segundo prende-se com a conceção CAD das peças.

Em relação ao método de fabrico escolhido, não se conseguiu obter peças com 100% de similaridade quanto à sua forma; a qualidade de impressão variava muito sem interferência

por parte do utilizador. Por exemplo, num dia chuvoso, as peças não eram imprimidas da mesma forma que num dia quente.

Através de impressão 3D, há uma série de variáveis não controladas pelo autor que impediram o correto fabrico das peças do jogo. No entanto, este foi o único método de fabrico disponível dado o seu reduzido custo.

Assim, importa dirigir o foco para os erros ocorridos na conceção CAD das peças e nos seus encaixes, que são fatores controláveis e passíveis de alteração para que mais tarde o produto possa funcionar corretamente. Na Tabela 13.1 encontram-se representadas sugestões de alterações que deverão ser executadas futuramente ao CAD das peças.

Tabela 13.1: Sugestão de alteração ao nível de CAD, para cada peça do jogo.

PEÇA	ALTERAÇÕES
Bancos	Alterar o encaixe cilíndrico para encaixe cónico; Encaixe terá de ser impresso com 100% de densidade; Aumentar a altura do encaixe macho.
Base	Introduzir um castelo na zona mais estreita de encaixe com as ponteiras; Alterar o encaixe cilíndrico para cónico; Aumentar a profundidade do encaixe.
Laterais	Fazer um prolongamento nas suas duas pontas (permitir suporte às ponteiras); Acrescentar uma quadra macho que fixará as ponteiras; Adicionar um encaixe fêmea do tipo cónico na zona de contacto com a ponteira.
Leme/Motor	Acrescentar um rebordo extrudido à plataforma de encaixe com 2mm de espessura e que 'abrace' as ponteiras. Acrescentar cone indexante macho na parte inferior da plataforma de encaixe (contacto com as laterais); Acrescentar cone indexante fêmea na parte superior da plataforma de encaixe (contacto com a proa pequena).
Mastro	Alterar o encaixe cilíndrico para encaixe cónico; Encaixe terá de ser impresso com 100% de densidade; Aumentar a altura do encaixe macho.
Pino	Suprimir esta peça. A sua função passará a ser garantida pelas ponteiras.
Ponteiras	Incluir um macho paralelepípedo no seu topo (substituição do pino); Acrescentar parte fêmea de cone indexante na parte superior (contacto com leme/motor); Cavar zona de encaixe no castelo da base (apenas numa delas); Acrescentar parte fêmea de cone indexante na parte lateral (contacto com as laterais); Adicionar fêmea para a quadra macho das laterais.
Proa Grande	Prolongamento da base em direção ao interior do barco, para compensar o aumento dessa espessura concebida pela alteração da lateral; Acrescentar dois cones indexantes macho na sua base (encaixe nas ponteiras).
Proa Pequena	Acrescentar dois cones indexantes macho na sua base (encaixe no leme/motor).
Toldo/Vela	Acrescentar um guia para o mastro (pela zona exterior do mesmo); Alterar o encaixe cilíndrico para encaixe cónico; Encaixe terá de ser impresso com 100% de densidade; Aumentar a altura do encaixe macho.

No que toca ao teste da construção da caixa de transporte, facilmente se observou que a mesma se encontrava funcional e que cumpria todos os requisitos pretendidos. A

sua construção é sólida, em madeira (tal como pretendido), dispõe de variadas divisórias otimizadas para cada conjunto de peças e permite o transporte de todas as ferramentas necessárias ao jogo.

Esteticamente foi de encontro ao projetado, sendo que quando comparada com os fotorrealismos realizados aquando da modelação tridimensional, se constata a sua similaridade.

Em relação ao conjunto de sugestão de regras de jogo e instruções do mesmo, no que concerne à dinâmica de funcionamento, considera-se que a sucessão de conceitos *lean* se encontra numa ordem correta e que permite a visualização de resultados ronda a ronda.

Relacionando a conceção do jogo com metodologias de gamificação, também se constata a atratividade do jogo, uma vez que o seu objetivo se encontra bem definido, que se percebe a maneira como os jogadores o conseguem atingir e quais as dinâmicas e mecânicas que utilizam. Por fim, é possível ronda a ronda verificar o sucesso do processo de jogo.

Ao nível da documentação técnica, em termos de teste focaliza-se na sua clareza, na sua utilidade (o facto de ser ou não prática a sua utilização) e principalmente no seu aspeto físico. Tendo em conta estes fatores, considera-se que a mesma cumpre todos os requisitos predefinidos.

Como resumo do teste do produto, conclui-se que nas diferentes componentes que constituem o jogo, todas foram cumpridas e permitem o sucesso do mesmo há exceção da construção das peças de jogo. No entanto, este não é um impedimento de utilização do jogo uma vez que se pode fazer a conexão entre peças com bostik (por exemplo). Assim, o teste demonstra sucesso na construção do jogo, havendo uma base sólida para utilização futura (e até acrescento de possíveis alterações) por parte da RM Consulting.

Capítulo 14

Considerações Finais e Perspetivas Futuras

Após término do estágio curricular e percorrido que está o caminho para o desenvolvimento deste jogo, torna-se necessário tecer as considerações finais acerca do mesmo.

Tal como mencionado na introdução deste trabalho, o mesmo é fruto da vontade da RM Consulting obter uma ferramenta diferenciadora, que permitisse de uma forma simples mostrar a pessoas sem conhecimentos na área do *lean*, o funcionamento prático de algumas das suas ferramentas. Para Silva (2010) o conhecimento científico baseia-se na articulação entre a teoria e a realidade empírica, o método é o fio condutor para essa situação. Assim, a definição de um fio condutor para o desenvolvimento deste trabalho, capaz de estabelecer sempre a ponte entre conceitos teóricos e a realidade empírica, foi parte importante do desenvolvimento deste trabalho.

Analisando os objetivos estabelecidos no início deste trabalho é possível concluir que foram todos cumpridos. Percorreram-se todas as etapas de desenvolvimento do produto, de acordo com o Diagrama de Gantt inicialmente proposto e cujos tópicos são os títulos dos capítulos desta dissertação. Desde a definição do produto, à sua conceção e projeto, passando pela modelação virtual e pela definição de materiais e de processos produtivos, pela orçamentação, planificação da produção, elaboração de documentação técnica, construção e teste.

No primeiro capítulo da primeira parte desta dissertação foi feita uma introdução na qual se fez o enquadramento do trabalho - nomeadamente o facto de ter sido realizado em contexto de estágio -, estabeleceram-se os objetivos do mesmo, sendo que o principal foi a materialização e desenvolvimento de uma ferramenta que aliasse a gamificação às metodologias *lean* e indicou-se a estrutura deste trabalho. No segundo capítulo introduziram-se alguns conceitos acerca das metodologias *lean*, no qual se enquadrou a sua história e os seus fundamentos, de forma a servir de sustento teórico ao desenvolvimento do produto. No terceiro capítulo desta primeira parte, teve-se o mesmo tipo de raciocínio que no anterior - desta feita, ao nível de gamificação - para que no último capítulo se pudesse fazer a fusão entre a gamificação e as metodologias *lean*, conceito chave deste trabalho. Aqui fez-se uma análise ao estado da arte e estabeleceram-se as linhas guias a seguir.

A segunda parte reflete o processo de desenvolvimento do produto, que constitui a maioria do trabalho efetuado. Assim, começou-se por se definir o produto, nomeada-

mente fez-se toda a conceção teórica do jogo. É no quinto capítulo que se encontra a justificação para o uso do moliceiro como objeto-chave deste jogo e se enquadra a necessidade de desenvolvimento desta ferramenta. No sexto capítulo dá-se a conceção e projeto, no qual se utiliza e se preenche o guia de desenvolvimento de elementos de formação através de gamificação por Martins Jansos (Jansons, 2016); elabora-se o Modelo de Kano, o diagrama de funções e de componentes físicos e a dinâmica de jogo, mais concretamente define-se uma sugestão de utilização do jogo através da definição de 12 (doze) rondas, sustentadas com exemplos de aplicabilidade dos conceitos. No capítulo 7, representa-se a modelação virtual efetuada (tanto para as peças de jogo, como para a caixa de transporte), nomeadamente o progresso que houve na mesma através das alterações iterativas aliadas à utilização do FMEA do produto; há ainda espaço para o resultado da construção de um protótipo físico. No oitavo capítulo, definem-se os materiais e os processos produtivos, do qual resulta a escolha pelo fabrico em impressão tridimensional em filamento de PLA, devido à limitação de orçamento imposta. Na orçamentação - capítulo que se segue - previram-se tempos e quantidades de material requeridos para construção das peças de jogo, da caixa de transporte e da documentação técnica. Nos dois últimos capítulos desta parte, fez-se a planificação da produção e a elaboração da documentação técnica. No primeiro, definiu-se a quantidade mínima de peças a fabricar, o tamanho dos encaixes das peças, os tabuleiros (quantidades), os suportes necessários, os parâmetros de impressão, as cores, a produção da vela e a planificação da caixa. No último, elaboraram-se dois componentes que constituem a documentação técnica, nomeadamente um folheto de instruções (ferramenta mais compacta e resumida) e um manual do utilizador (mais completo).

Nesta terceira parte, mostrou-se o resultado final, testou-se o produto, teceram-se críticas, sugeriram-se alterações de melhoria e resumiu-se todo o trabalho realizado.

Neste sentido, importa indicar os aspetos gerais, positivos e negativos deste trabalho, bem como as dificuldades obtidas no desenvolvimento do mesmo.

No que toca aos aspetos positivos, considera-se que se conseguiram superar as expectativas por parte da RM Consulting, que se produziu uma ferramenta única, e que apesar de no momento não estar 100% funcional, tem toda a sua base desenvolvida - ficando apenas a restar voltar a produzir as peças, introduzindo as alterações sugeridas na Secção de Teste (ou utilizar as mesmas com adição de bostik, por exemplo).

Olhando para o produto como um todo, verifica-se a fusão dos conceitos de gamificação e de *lean*, há uma razão para todas as escolhas efetuadas e há também o desenvolvimento completo - desde a ideia até à conceção prática e materialização - de um jogo complexo.

Um fio condutor bem definido permitiu levar a cabo todas as tarefas pré-definidas, nomeadamente para além da introdução e fusão de conceitos teóricos, delineou-se de uma forma completa uma estratégia de jogo e definiram-se os objetivos, o comportamento, a dinâmica e a medição de sucesso do mesmo. As rondas sugeridas são fluídas e permitem através do seu encadeamento ter espaço à introdução de conceitos teóricos, ter demonstração de resultados e permitir liberdade para alterações ou sugestões.

O jogo é constituído por 15 peças diferentes, perfazendo um total de cerca de 300 peças. Dada a sua versatilidade permite construir mais de 15 configurações diferentes de moliceiros. Além disso, tem para além dos conceitos teóricos explícitos, alguns implícitos, tal como sistemas *pull*, qualidade na fonte, 0(zero) defeitos e operador logístico. Tem ainda espaço ao acréscimo de outros conceitos, como por exemplo, *Kanban*.

No que toca à modelação virtual, considera-se que a forma das peças quando montadas, permite a identificação do objeto em causa - moliceiro. Isto é um aspeto pertinente, dada a importância atribuída a este barco como objeto principal do jogo; se não houvesse uma rápida identificação do moliceiro do jogo com o real, haveria um decréscimo do interesse pelo mesmo.

A orçamentação refletiu os gastos efetivos, não havendo registo de custos acrescidos para além dos definidos. O custo total de fabrico do jogo foi inferior ao estabelecido pela RM Consulting, fator importante para a mesma.

Quanto à caixa de transporte, o resultado da construção da mesma é uma ferramenta prática, robusta, que permite identificação visual e imediata do seu conteúdo e que ao mesmo tempo é capaz de transportar todos os constituintes do jogo. A construção das suas divisórias e os seus alçapões permite também manter organizadas as peças, bem como servir de auxílio ao processo de jogo (mais concretamente, aquando da introdução do conceito teórico de supermercado).

A documentação técnica contém uma forte componente estética, fazendo uso de fotografias de grandes dimensões relacionadas com o moliceiro, ou com a arte da apanha do molicho. Isto era um fator considerado determinante para a sua execução. A mesma, dividida em duas partes - folheto de instruções e manual de utilizador -, permite versatilidade na medida em que contém uma ferramenta de uso mais rápido e resumido e outra com informações mais detalhadas e com sugestões de utilização.

Ao nível dos aspetos menos positivos, o primeiro a mencionar é o facto de após construção do produto, as peças do mesmo não encaixarem entre si. Este foi, sem dúvida, o passo mais marcante deste trabalho. Torna-se então importante perceber o motivo desta ocorrência, uma vez que já foram apresentadas algumas soluções para a sua correção. O método de fabrico por impressão tridimensional, apesar de barato (quando comparado com os restantes, capazes de realizar estas peças), não garante a qualidade de toleranciamento suficiente para que peças possam ser montadas e desmontadas. Ou seja, a mesma peça tanto poderia sair com o encaixe apertado, como na vez seguinte ter o mesmo encaixe solto - bastava que para isso, por exemplo, houvessem índices de humidade ambiente diferentes. Uma vez que estes fatores não são controláveis pelo utilizador, transcendeu ao autor a má conceção das peças.

Dentro do que correu menos bem há também a acrescentar alguns acontecimentos periódicos de menor relevância. O tempo de fabrico das peças foi bastante grande; a construção de todas as peças de jogo demorou mais de 3 semanas com produção de doze horas diárias - apesar do previsto ser de cerca de 12 dias (5,80 dias em produção contínua). Isto deveu-se a uma série de problemas que foram ocorrendo com a impressora 3D e que resultavam no total desperdício do tabuleiro fabricado, a saber: escorregamento de peças no tabuleiro, entupimento da cabeça extrusora (*nozzle*), falhas no *software* de impressão e bobines mal enroladas (a impressora deixava de ter capacidade de puxar o filamento).

A modelação tridimensional também foi uma dificuldade encontrada. Isto deveu-se principalmente à complexidade de formas do moliceiro, difíceis de replicar em CAD, mas também à necessidade de pensar para cada peça diferente o seu tipo de encaixe e arranjar formas para que estes impedissem o movimento das peças, mas ao mesmo tempo não interferissem na dinâmica do jogo e fossem fáceis de utilizar (montagem e desmontagem rápida, sem elementos de fixação aparafusados, por exemplo).

Ao nível mais concetual, pensar no desenvolvimento do jogo, na forma mais correta

para sequenciar a introdução de conceitos, na quantidade de peças em utilização por ronda e na forma como os conceitos *lean* poderiam ser demonstrados, revelaram-se também dificuldades acrescidas. Isto é, aliar os requisitos de gamificação em contexto de formação, às ferramentas de pensamento *lean*. Deve-se, este facto, não só ao reduzido conhecimento acerca de metodologias *lean* e de processos de gamificação por parte do autor, mas também à dificuldade de criar e controlar a partir do zero todas as variáveis inerentes ao fabrico e uso de um jogo.

Este trabalho serviu para adquirir conhecimentos básicos sobre filosofias *lean*, assim como metodologias de gamificação, desenvolvimento do produto e fabrico por filamento fundido. Serviu ainda, para ajudar a perceber que construir um produto físico vai muito para além da conceção computadorizada. Ou seja, se nunca se chegasse a produzir o jogo, nunca teriam sido notadas as falhas ocorridas.

Considera-se ainda que dentro do orçamento possível e dentro do material disponibilizado, não haveria outra maneira de construir este produto. Talvez a única hipótese que se poderia assemelhar ao nível de orçamento, seria a produção por moldes de RTV - descartada inicialmente por não garantir toleranciamentos, mas que mais tarde se veio a perceber que o método escolhido também não garantia -, ficando esta opção em aberto para uma produção futura. Assim, se futuramente se considerar a produção das peças do jogo em resina, a produção por moldes de silicone RTV poderá corresponder tão bem, ou até melhor, às características de qualidade que a impressão tridimensional garante.

Fica ainda registada e é cedida à RM Consulting toda a informação necessária para replicação do jogo. Futuramente, se a mesma decidir alterar as peças do jogo, adaptando-as à realidade de alguma empresa cliente poderá fazê-lo, necessitando apenas de alterar o CAD, uma vez que o restante desenvolvimento está feito.

Como conclusão geral, julga-se que o trabalho desenvolvido foi completo, embora o tempo para a sua realização tenha sido reduzido. Apesar das peças não estarem a encaixar corretamente, está estabelecida e realizada a base para todo o funcionamento do jogo.

Bibliografia

- [1] A Senhora do Monte. (2012). Já conhece a história do moliceiro?. Retrieved from: [http : //asenhoradomonte.com/2012/10/06/historia – do – moliceiro/](http://asenhoradomonte.com/2012/10/06/historia-do-moliceiro/)
- [2] Almeida, A. (2013). Galeria Flickr: Teimoso(Portugal). Retrieved from: [https : //www.flickr.com/photos/teimoso/8971406609/in/pool – osmelhorespostais/](https://www.flickr.com/photos/teimoso/8971406609/in/pool-osmelhorespostais/)
- [3] Almeida, P. (2012). Galeria Flickr: Patrícia Almeida. Retrieved from: [https : //www.flickr.com/photos/vento – na – praia/8062852515](https://www.flickr.com/photos/vento-na-praia/8062852515)
- [4] Associação Brasileira de Engenharia de Produção. (2009). Modelo de kano para a identificação de atributos capazes de superar as expectativas do cliente. Retrieved from: [www : producaoonline : org : br = rpo = article = viewFile = 186 = 495\]](http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/186/495)
- [5] Bandarra, S. (2012). Mulheres de Avental: no moliceiro. Retrieved from: [http : //mulheresdeaventall.blogspot.pt/2012/07/no – moliceiro.html](http://mulheresdeaventall.blogspot.pt/2012/07/no-moliceiro.html)
- [6] Beeverycreative. (2014). Beethefirst & Beethefirst +. Retrieved from: [https : //beeverycreative.com/beethefirst – plus/](https://beeverycreative.com/beethefirst-plus/)
- [7] Berman, B. (2012). *3-D printing: The new industrial revolution*. Business Horizons, 55(2), 155-162. Retrieved from: [http : //doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003](http://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003)
- [8] Beyondlisbon. (2014). Random photo of the week. Retrieved from: [https : //beyondlisbon.wordpress.com/category/places/page/4/](https://beyondlisbon.wordpress.com/category/places/page/4/)
- [9] Boersema, M. (2012). Lean Simulations - Lean Paper Airplane Game Instructions. Retrieved from: [http : //www.leansimulations.org/2012/10/lean – paper – airplane – game – instructions.html](http://www.leansimulations.org/2012/10/lean-paper-airplane-game-instructions.html)
- [10] BuyDirectOnline. (2017). How does office furniture increase productivity?. Retrieved from: [http : //buydirectonline.com.au/of ficefurnitureblog/how – does – of fice – furniture – increase – productivity/](http://buydirectonline.com.au/officefurnitureblog/how-does-office-furniture-increase-productivity/)
- [11] Campbell, B., Williams, T., Ivanova, C. & Garrett, O. (2012). *Strategic Foresight Report*.
- [12] Carr, R. (1989). *Cost Estimating Principles*. Journal of Construction Engineering and Management, 115, 545-551.
- [13] Carvalho, A. A., Cruz, S., Marques, C. G., Moura, A. & Santos, I. (2014). *Atas do 2.º Encontro sobre Jogos e Mobile Learning*. Braga: CIEed.

- [14] Carvalho, D. (2000). Capítulo II - Planeamento e Controlo da Produção [PDF]. Retrieved from: [http : //pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/Cap02sisPPC.pdf](http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/Cap02sisPPC.pdf)
- [15] Completo, A., Festas, A. & Davim, J. P. (2009). *Tecnologia de Fabrico*. Portugal: Publindústria.
- [16] Corbett, S. (2007). *Beyond Manufacturing: The evolution of Lean Production*. Londres, Inglaterra: McKinsey & Company.
- [17] Cotteleer, M., Jonathan, H. & Mahto, M. (2013). *The 3D opportunity primer - The basics of additive manufacturing*. Deloitte, USA: Deloitte University Press.
- [18] Cotteleer, M., Mahto, M. & Holdowsky, J. (2013). *The 3D opportunity primer*.
- [19] Cravo, A. (2017). Galeria Flickr: ahcravo gorim. Retrieved from: [https : //www.flickr.com/photos/ahcravo/](https://www.flickr.com/photos/ahcravo/)
- [20] Cruz, R. (2007). Trekearth: moliceiro boat by piemei. Retrieved from: [http : //www.trekearth.com/gallery/Europe/Portugal/North/Aveiro/Torreira/photo745343.htm](http://www.trekearth.com/gallery/Europe/Portugal/North/Aveiro/Torreira/photo745343.htm)
- [21] Cunha, A. (2015). Youtube: Moliceiro Slideshow. Retrieved from: [https : //www.youtube.com/watch?v = nC - eMaZW0A0](https://www.youtube.com/watch?v=nC-eMaZW0A0)
- [22] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. & Nacke, L. E. (2011). *Gamification: Toward a Definition*. Retrieved from: [http : //gamification - research.org/wp - content/uploads/2011/04/02 - Deterding - Khaled - Nacke - Dixon.pdf](http://gamification-research.org/wp-content/uploads/2011/04/02-Deterding-Khaled-Nacke-Dixon.pdf)
- [23] Dias, D. (1971). Moliceiros. Retrieved from: [https : //desenvolturasedesacatos.blogspot.pt/2014/08/moliceiros - de - aveiro - toda - historia.html](https://desenvolturasedesacatos.blogspot.pt/2014/08/moliceiros-de-aveiro-toda-historia.html)
- [24] Dias, D. (2000). Diamantino Dias: A apanha do moliço. Retrieved from: [http : //www.prof2000.pt/users/Avcultur/DiamDias/moliceiros230.htm](http://www.prof2000.pt/users/Avcultur/DiamDias/moliceiros230.htm)
- [25] Dutra, J. (2013). *A inovação empresarial depende do engajamento das pessoas*. Retrieved from: [http : //www.senior.com.br/ainovacao - empresarial - depende - do - engajamento - daspessoas/sthash.ZTT4MnVw.LNRAwnQa.dpu.f](http://www.senior.com.br/ainovacao-empresarial-dependedo-engajamento-daspessoas/sthash.ZTT4MnVw.LNRAwnQa.dpu.f)
- [26] EDP Comercial. (2016). Tarifários - Conheça os tarifários que temos para si. Retrieved from: [https : //energia.edp.pt/particulares/energia/tarifarios/](https://energia.edp.pt/particulares/energia/tarifarios/)
- [27] Farinha, R. (2017). Vêm aí três dias de cerveja artesanal em Aveiro [Web log post]. Retrieved from: [https : //nit.pt/buzzfood/vem - ai - tres - dias - cerveja - artesanal - aveiro](https://nit.pt/buzzfood/vem-ai-tres-dias-cerveja-artesanal-aveiro)
- [28] Ferrante, M. (2002). *Seleção de materiais*. São Carlos: Editora da UFSCar.
- [29] Ferreira, J. M. (1999). *Tecnologia da Fundição*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian - Serviço de Educação.
- [30] Gee, J. P. (2003). *What Video Games have to teach us about learning and literacy*. EUA: Palgrave Macmillan.

- [31] Goasduff, L. & Pettey, C. (2011). *More Than 50 Percent of Organizations That Manage Innovation Processes Will Gamify Those Processes*. Retrieved from: [http : //www.gartner.com/newsroom/id/1629214](http://www.gartner.com/newsroom/id/1629214)
- [32] Gonçalves, R. A. (2010). *Lean Manufacturing: Optimização de um sistema produtivo* (Unpublished master's thesis). Universidade de Aveiro, Aveiro.
- [33] Hendrickson, C. & Au, T. (1989). *Project Management for Construction ? Prentice Hall*.
- [34] Hotel Moliceiro. (2017). Hotel Moliceiro - Reserve já. Retrieved from: [http : //www.hotelmoliceiro.pt/media/hotel-moliceiro-aveiro-promotions-stock-photo-445648921.jpg](http://www.hotelmoliceiro.pt/media/hotel-moliceiro-aveiro-promotions-stock-photo-445648921.jpg)
- [35] Huizinga, J. (2000). *Homo Ludens* [PDF]. Retrieved from: [http : //jnsilva.ludicum.org/Huizinga_HomoLudens.pdf](http://jnsilva.ludicum.org/Huizinga_HomoLudens.pdf)
- [36] Huotari, K. & Hamari, J. (2012). *Defining Gamification - A Service Marketing Perspective*. Retrieved from: [http : //www.hubscher.org/roland/courses/hf765/readings/p17-huotari.pdf](http://www.hubscher.org/roland/courses/hf765/readings/p17-huotari.pdf)
- [37] Husman, J. & Lens, W. (1999). *The role of the future in student motivation*. Educational Psychologist.
- [38] Instituto Jetro. (2017). Frases - Benjamin Franklin. Retrieved from: [http : //www.institutojetro.com/frases/benjamin-franklin/digame-eu-esquecerei-ensiname-e-eu-poderei-lembrar-envolvame-e-eu-aprenderei](http://www.institutojetro.com/frases/benjamin-franklin/digame-eu-esquecerei-ensiname-e-eu-poderei-lembrar-envolvame-e-eu-aprenderei).
- [39] Instituto Lean Management. (2010). *Lean Practitioner Certificate: Documentación del Lean Practitioner*. Sant Cugat del Vallès, Espanha: Instituto Lean Management.
- [40] Jansons, M. (2016). *Gamification*. Lituânia: MediAwake.
- [41] Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2014). *NMC Horizon Report: 2014 K-12 Edition*. Austin, Texas, EUA.
- [42] Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. São Francisco, EUA: Pfeiffer.
- [43] Koster, R. (2005). *The Theory of Fun for Game Design*. EUA: Paraglyph Press.
- [44] Lacerda, M. (2007). Barco Moliceiro. Retrieved from: [http : //www.av.it.pt/aveirocidade/pt/barcos/barcos30.htm](http://www.av.it.pt/aveirocidade/pt/barcos/barcos30.htm)
- [45] Lean Enterprise Institute. (2017). Supermarket. Retrieved from: [https : //www.lean.org/lexicon/supermarket](https://www.lean.org/lexicon/supermarket)
- [46] Lean Manufacturing Tools. (2017). 7 Wastes of Lean Manufacturing. Retrieved from: [http : //leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/](http://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/)
- [47] Leapfrog 3D Printers. (2017). Creatr 3D Printer. Retrieved from: [https : //www.lpfrg.com/en/products/printers/creatr-1/](https://www.lpfrg.com/en/products/printers/creatr-1/)

- [48] Leopold, K. (2015). Flow Exercise: Building Paper Boats. Retrieved from: [https :
//www.leanability.com/en/blog-en/2015/09/flow-exercise-building-paper-boats/](https://www.leanability.com/en/blog-en/2015/09/flow-exercise-building-paper-boats/)
- [49] Liker, J. K. & Meier, D. (2005). *O Modelo Toyota, Manual de Aplicação: um guia prático para a implementação dos 4P's da Toyota*. Porto Alegre: Bookman.
- [50] Liker, J. K. (2005). *O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo*. Porto Alegre: Bookman.
- [51] Lopes, A. M. (2012). Moliceiros - A Memória da Ria - 3. Retrieved from: [http :
//marintimidades.blogspot.pt/2012/03/](http://marintimidades.blogspot.pt/2012/03/)
- [52] Lopes, J. T. (2011). *Materiais de Construção Mecânica*. UFPA - ITEC - Faculdade de Engenharia Mecânica. Retrieved from: [https :
//jorgeteofilo.files.wordpress.com/2011/03/mcm-apostila-capitulo01.pdf](https://jorgeteofilo.files.wordpress.com/2011/03/mcm-apostila-capitulo01.pdf)
- [53] Ludosity. (2017). Lean Bicycle Factory. Retrieved from: [http :
//ludosity.com/library/lean-game/](http://ludosity.com/library/lean-game/)
- [54] Mascarenhas, R. F. (2013). *A RM Consulting em opinião: o lean mais próximo no dia-a-dia*. Aveiro: RMPress.
- [55] Mascarenhas, R. F. (2013). *Gestão Lean nos Serviços*. Aveiro: RMPress.
- [56] Mata, M. M. (2017). Wikimedia Commons - Mario Modesto [Web log post]. Retrieved from: [https :
//pt.wikipedia.org/wiki/Moliceiro](https://pt.wikipedia.org/wiki/Moliceiro)
- [57] McGonigal, J. (2011). *Reality is broken - Why games make us better and how they can change the world*. Nova Iorque: Penguin Books.
- [58] Miltenburg, J. (2001). U-shaped production lines: A review of theory and practice. *International Journal Production Economics.*, 70, 201?214.
- [59] Miranda, A. (2016). Jornal Público: Um fim-de-semana a celebrar a ria de Aveiro que continua à espera de ser desassoreada. Retrieved from: [https :
//www.publico.pt/2016/07/01/local/noticia/um-fimdesemana-a-celebrar-a-ria-que-continua-a-espera-de-ser-dessasoreada-1736924](https://www.publico.pt/2016/07/01/local/noticia/um-fimdesemana-a-celebrar-a-ria-que-continua-a-espera-de-ser-dessasoreada-1736924)
- [60] Mundo Reader, S.L. (2017). PLA Filament 1,75mm - Especificações. Retrieved from: [https :
//www.bq.com/pt/pla-premium](https://www.bq.com/pt/pla-premium)
- [61] Nunes, J. (1999). *Fabrico de peças metálicas utilizando moldações cerâmicas e moldações em gesso* (Unpublished master's thesis dissertation). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- [62] Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.
- [63] Ornelas, R. (2017). Galeria Flickr: Rui Ornelas. Retrieved from: [https :
//www.flickr.com/photos/fotos_dos_ornelas/](https://www.flickr.com/photos/fotos_dos_ornelas/)

- [64] Papert, S. (2008). *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- [65] Palady, P. (1997). *FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Provendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. São Paulo: Iman.
- [66] Paranjape, P. (2015). Training Programs. Retrieved from: [http :
//www.madhukarparanjape.com/](http://www.madhukarparanjape.com/)
- [67] Parodi, K. (2015). Engajamento: o grande desafio das organizações. Retrieved from [http :
//hbrbr.com.br/engajamento – o – grandedesafio – das – organizacoes](http://hbrbr.com.br/engajamento-o-grandedesafio-das-organizacoes)
- [68] Pereira, M. S. (2010). Informações para novos alunos. Retrieved from: [http :
//www.dem.ist.utl.pt/ mdesI/Intro.html](http://www.dem.ist.utl.pt/mdesI/Intro.html)
- [69] Pereira, P. (2014). 500PX: “Moliceiro” in Murtosa. Retrieved from: [https :
//500px.com/photo/99174251/ – moliceiro – in – murtosa – by – paulo – pereira](https://500px.com/photo/99174251/-moliceiro-in-murtosa-by-paulo-pereira)
- [70] Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean*. Lisboa: Lidel Edições Técnicas Lda.
- [71] Pirjan, A., & Petrosanu, D. M. (2013). *The impact of 3d printing technology on the society and economy*. Journal of Information Systems and Operations Management., 7(2), 3 - 5.
- [72] Project Management Institute (PMI). (2008). *Project Management Guide Body of Knowledge*. PMBOK.
- [73] Relvas, C. (2000). *Controlo Numérico Computorizado - Conceitos Fundamentais*. Portugal: Publinústria.
- [74] Rialidades. (2011). Youtube: À conversa com um pintor de barcos Moliceiros. Retrieved from: [https :
//www.youtube.com/watch?v = wzF6h19hJFg](https://www.youtube.com/watch?v=wzF6h19hJFg)
- [75] Rother, M. & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Michigan, EUA: Lean Enterprise Institute.
- [76] Santana, A. (2005). *FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Provendo e prevenindo problemas antes que ocorram* (Master's thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). Retrieved from: [http :
//www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3149/tde – 24122014 – 105959/publico/AlessandroSantanaDissertacao.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3149/tde-24122014-105959/publico/AlessandroSantanaDissertacao.pdf)
- [77] Saraiva, C. (2008). Deviantart: Moliceiro II by carlossaraivadesign. Retrieved from: [http :
//carlossaraivadesign.deviantart.com/art/Moliceiro – II – 86716587](http://carlossaraivadesign.deviantart.com/art/Moliceiro-II-86716587)
- [78] Silva, G. (2010). O Método Científico na Psicologia: abordagem qualitativa e quantitativa [PDF]. Retrieved from: [http :
//www.psicologia.pt/artigos/textos/A0539.pdf](http://www.psicologia.pt/artigos/textos/A0539.pdf)
- [79] Sousa, A. (1995). *Colectânea Poética*. Aveiro: Câmara Municipal de Aveiro.
- [80] Squire, K. D. (2011). *Video Games and Learning - Teaching and Participatory Culture in the digital age*. Nova Iorque: Teachers College, Columbia University.

-
- [81] Stratasys Ltd. (2017). Tecnologia FDM. Retrieved from: [http :
//www.stratasys.com/br/impressoras – 3d/technologies/fdm – technology](http://www.stratasys.com/br/impressoras-3d/technologies/fdm-technology)
- [82] Vollmann, T. E., William, L. B. & Whybark, D. C. (1992). *Manufacturing planning and control systems*. Richard D. Irwin.
- [83] Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Philadelphia, EUA: Wharton Digital Press.
- [84] Wohlers, T. (1999). *Rapid Prototyping & Tooling State of the Industry*. Worldwide Progress Report. USA: Wohlers Associates, inc.
- [85] Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). *A máquina que mudou o mundo (14. ed.)*. Rio de Janeiro: Campus.
- [86] Worten - Equipamentos para o lar, S.A. (2017). Filamento Pla BQ Madeira 1.75mm. Retrieved from: [https :
//www.worten.pt/informatica/impressao/consumiveis –
3d/filamento – pla – bq – madeira – 1 – 75mm – 5699295](https://www.worten.pt/informatica/impressao/consumiveis-3d/filamento-pla-bq-madeira-1-75mm-5699295)
- [87] Worten - Equipamentos para o lar, S.A. (2017). Filamento Pla BQ Preto 1.75mm. Retrieved from: [https :
//www.worten.pt/informatica/impressao/consumiveis –
3d/filamento – pla – bq – preto – 1 – 75mm – 5699276](https://www.worten.pt/informatica/impressao/consumiveis-3d/filamento-pla-bq-preto-1-75mm-5699276)
- [88] Zuini, P. (2012). *Como engajar a equipe da sua empresa*. Retrieved from: [http :
//exame.abril.com.br/pme/noticias/como – engajar – a – equipe – da – suaempresa](http://exame.abril.com.br/pme/noticias/como-engajar-a-equipe-da-suaempresa)
- [89] 3D Hubs. (2017). Local 3D printing - Find a 3D printing service and get your parts in 48 hours. Retrieved from: [https :
//www.3dhubs.com/](https://www.3dhubs.com/)

Apêndice A

FMEA de Produto

Parte	Função	Tipo de Falha	Causa	Efeito	NPR	Medidas Possíveis	Medidas Implementadas *	NPR
Bancos		Mau encaixe na base Incompatibilidade com outros bancos	Tamanho insuficiente do encaixe Comprimento exagerado	Pouca estabilidade Impede a colocação dos mesmos		Aumentar tamanho do encaixe Reduzir o comprimento do banco	Aumento do encaixe Redução do comprimento do banco	
Base		Pouco resistente	Calhas e encaixes com dimensões reduzidas	Não aguentar as restantes peças (fraco suporte)		Aumentar calhas Mudar configuração	Aumento e mudança da geometria	
Laterais		Mau encaixe na base Mau encaixe nas Ponteiros	Tamanho insuficiente do encaixe	Pouca estabilidade		Aumentar tamanho do encaixe	Aumento do encaixe	
Leme		Não presente	-	Impede o bom funcionamento do jogo		Criar um Leme Alterar o jogo	Criação do Leme	
Mastro		Mau encaixe na base	Tamanho insuficiente do encaixe	Pouca estabilidade		Aumentar tamanho do encaixe	Aumento do encaixe	
Motor		Não presente	-	Impede o bom funcionamento do jogo		Criar um Motor Alterar o jogo	Criação do Motor	
Pino		Rotação	Encaixe cilíndrico	Rotação da peça		Criar encaixe diferente Encaixe paralelepípedo	Encaixe paralelepípedo	
Ponteiras		Mau encaixe na base Mau encaixe entre si	Tamanho insuficiente do encaixe	Pouca estabilidade		Aumentar tamanho do encaixe	Aumento do encaixe	
Proa + Ré		Deslocação	Falta de travão ou encaixe completo	Movimento da peça inesperado		Criar encaixe na base e lateral Mudar o tipo de encaixe	Acrescento de encaixe na lateral e na base	
Toldo		Rotação	Encaixe cilíndrico	Rotação da peça		Encaixe paralelepípedo	Encaixe paralelepípedo	
		Não presente	-	Impede o bom funcionamento do jogo		Criar um Toldo Alterar o jogo	Criação do Toldo	
Vela		Mau encaixe no mastro	Tamanho insuficiente do encaixe	Pouca estabilidade		Aumentar tamanho do encaixe	Aumento do encaixe	
		Forma desajustada	Comprimento insuficiente	Bastante diferente da verdadeira vela de um moliceiro		Alterar o seu <i>design</i>	Alteração de <i>design</i>	
Caixa	Transporte	Dimensões exageradas	Mau dimensionamento	Peso exagerado		Otimizar a caixa Mudar o material	Otimização do espaço	
		Dificuldade de transporte	Assência de peças	Transporte complicado, pouco económico		Criação de peças em baixo-relevo Acrescentar peças	Acrescento de uma peça	

Figura A.1: FMEA do Produto.

Apêndice B

Quotização Instantânea - Processo Produtivo

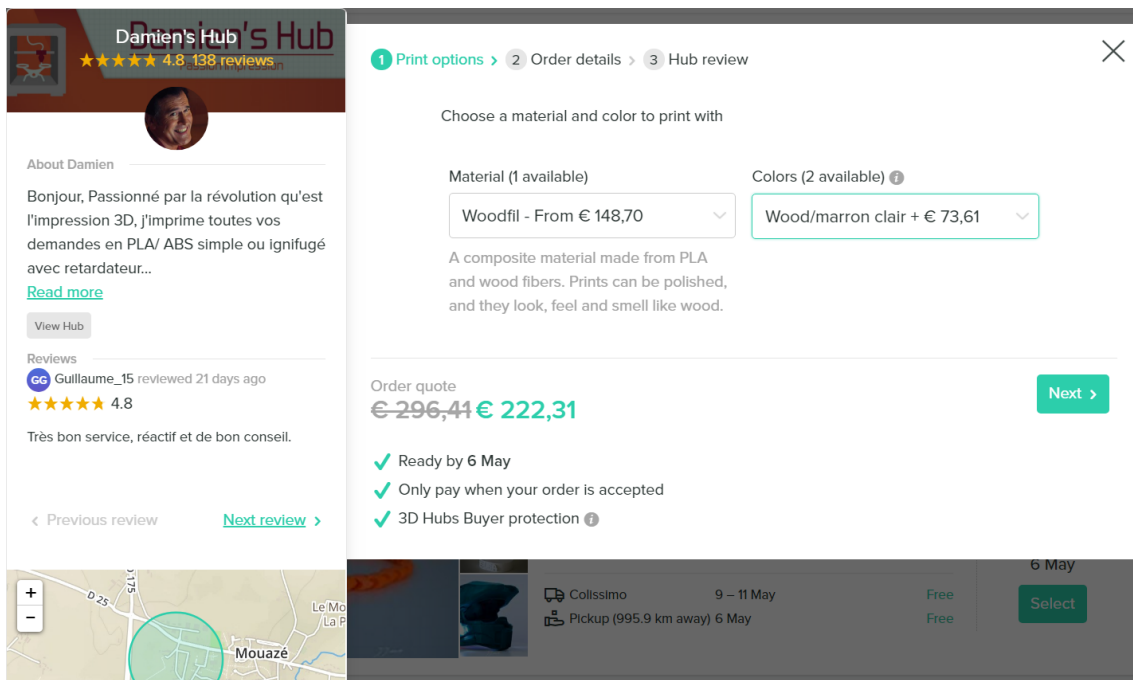


Figura B.1: Quotização instantânea para fabrico de todas as peças por impressão tridimensional de filamento de madeira - 200 microns.

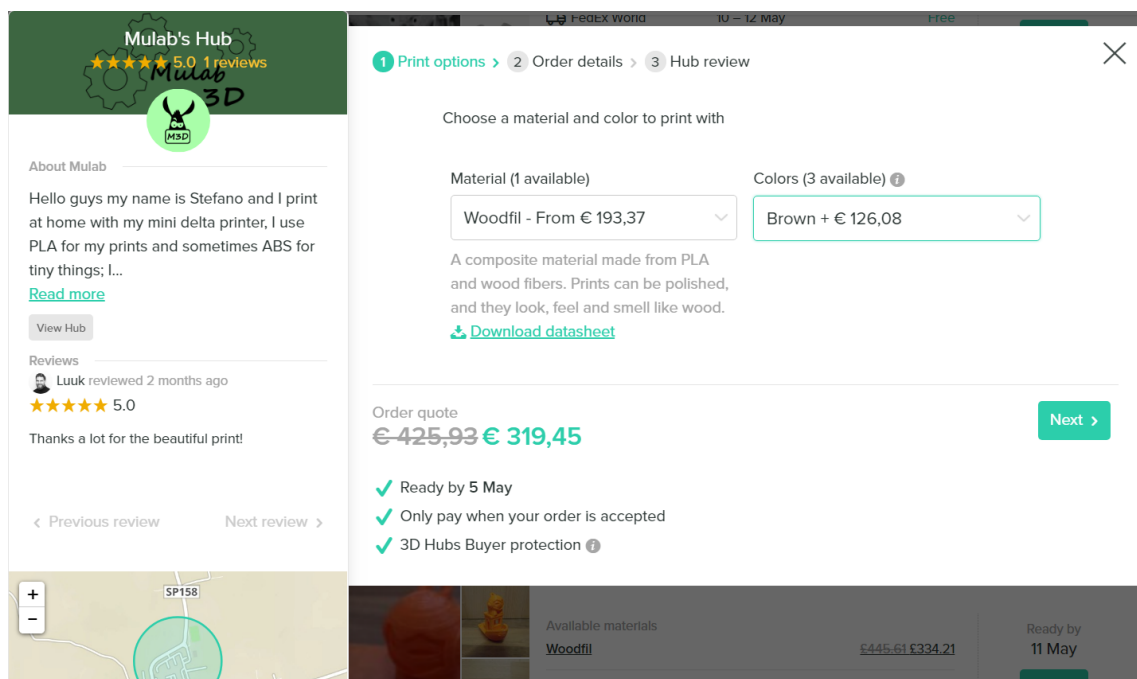


Figura B.2: Quotização instantânea para fabrico de todas as peças por impressão tridimensional de filamento de madeira - 100 microns.



Rapid Prototyping
Low-Volume Production Parts
Tooling and Molding
3D Viewing & Markup Software

Stratasys Direct Manufacturing Quote for Prototyping Services

AS9100 & ISO 9001 Certified (Valencia CA, Austin TX, Belton TX, Eden Prairie MN) | ISO 9001 Certified (Poway CA, Phoenix AZ, Tucson AZ)

PREPARED FOR

Henrique Bessa
NoCompanySelected
Rua da Barrosa nº46, Paços de Vilharigues
Vouzela, 3670-151
Phone: 9-963-766987
Email: henriquecarvalhobessa@hotmail.com

QUOTATION INFORMATION

Quote Number: 2467873-1
Quoted On: 2/24/2017 1:38:45 PM
Reference:
Project Engineer: Trisha Giallanza | (858) 748-2374
trisha.giallanza@stratasysdirect.com
Account Manager: Mark Reibel | (415) 334-4011
mark.reibel@stratasysdirect.com

Item	Description	Quantity	Unit	Total
1	 Banco Medio_24 x y z extents: 0.98 0.59 0.39 inches volume s. area: 0.17 2.15 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00
2	 Banco Pequeno_21 x y z extents: 0.59 0.59 0.39 inches volume s. area: 0.10 1.42 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00
3	 Base_26 x y z extents: 3.15 1.71 0.39 inches volume s. area: 1.10 13.45 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$81.00	\$81.00
4	 Lateral_44 x y z extents: 3.39 0.78 0.98 inches volume s. area: 0.35 6.07 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$80.00	\$80.00
5	 LateralPorta_11 x y z extents: 3.39 0.78 0.98 inches volume s. area: 0.33 5.94 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$80.00	\$80.00

Quote No. 2467873-1

Page : 1 of 6

02/24/2017

28309 Avenue Crocker • Valencia, CA 91355 • Phone (661) 295.4400 • Fax (661) 257.9311

www.stratasysdirect.com | quotes@stratasysdirect.com

Figura B.3: Quotização instantânea para fabrico de cada peça em CNC pela Stratasys (página 1 de 3).

Stratasys Direct Manufacturing Quote for Prototyping Services <small>AS9100 & ISO 9001 Certified (Valencia CA, Austin TX, Belton TX, Eden Prairie MN) ISO 9001 Certified (Poway CA, Phoenix AZ, Tucson AZ)</small>				
Item	Description	Quantity	Unit	Total
6	 Leme_22 x y z extents: 1.32 1.18 1.85 inches volume s. area: 0.23 4.47 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00
7	 Mastro_40 x y z extents: 0.31 0.31 1.69 inches volume s. area: 0.12 1.91 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00
8	 Motor_17 x y z extents: 1.35 1.18 1.63 inches volume s. area: 0.37 4.64 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$80.00	\$80.00
9	 Pino_42 x y z extents: 0.20 0.20 0.39 inches volume s. area: 0.02 0.39 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00
10	 Ponteiral_46 x y z extents: 1.09 0.59 1.18 inches volume s. area: 0.15 2.57 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00
11	 PonteiraR_46 x y z extents: 1.09 0.59 1.18 inches volume s. area: 0.15 2.57 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00
12	 ProaGrande_22 x y z extents: 0.76 1.18 0.98 inches volume s. area: 0.14 2.20 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00

Quote No. 2467873-1




Page : 2 of 6

02/24/2017

28309 Avenue Crocker • Valencia, CA 91355 • Phone (861) 295.4400 • Fax (861) 257.9311

www.stratasysdirect.com | quotes@stratasysdirect.com

Figura B.4: Quotização instantânea para fabrico de cada peça em CNC pela Stratasys (página 2 de 3).

Stratasys Direct Manufacturing Quote for Prototyping Services <small>AS9100 & ISO 9001 Certified (Valencia CA, Austin TX, Belton TX, Eden Prairie MN) ISO 9001 Certified (Poway CA, Phoenix AZ, Tucson AZ)</small>				
Item	Description	Quantity	Unit	Total
13	 ProaPequena_22 x y z extents: 0.74 1.18 0.59 inches volume s. area: 0.10 1.78 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$79.00	\$79.00
14	 Toldo_10 x y z extents: 2.76 1.28 0.24 inches volume s. area: 0.38 7.62 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$80.00	\$80.00
15	 Vela_20 x y z extents: 1.97 0.47 1.97 inches volume s. area: 0.37 9.85 PolyJet HD: Material=VeroWhitePlus, Finish=None (Unfinished), Surface Treatment=Wet/Dry Blast	1	\$80.00	\$80.00
QUOTE TOTAL			\$1,192.00	

Standard Delivery: Estimated shipment in 4 working days A.R.O. Actual schedule to be determined after receipt of order.

Terms: EXW (ExWorks). Net 30 on approved Credit, 1.5% per month late charge.

Notes: Stratasys Direct Manufacturing standard terms and conditions apply.

Other Product Information:

PolyJet HD: Technology = PolyJet; Resolution = 0.00063" Z, 0.012" XY; Tolerance = ± 0.005 in. or ± 0.001 in./in., whichever is greater; Minimum feature size = 0.012".

Parts that exceed the build envelope capacity for a particular Additive Manufacturing process/machine will be built in segments and bonded together, as will parts with hollow/void areas that require support removal.

Items quoted will be manufactured using Stratasys Direct Manufacturing's (SDM) standard processes using materials listed above and inspected per SDM standard acceptance criteria.

AUTHORIZATION TO PROCEED

Company: _____

Name: _____

Signature: _____

Date: _____ P.O. _____

OFFERED BY STRATASYS DIRECT MANUFACTURING

Trisha Giallanza

Per: _____

Trisha Giallanza, Project Engineering

Quote No. 2467873-1


Page : 3 of 6

02/24/2017

28309 Avenue Crocker • Valencia, CA 91355 • Phone (661) 295.4400 • Fax (661) 257.9311

www.stratasysdirect.com | quotes@stratasysdirect.com

Figura B.5: Quotização instantânea para fabrico de cada peça em CNC pela Stratasys (página 3 de 3).



QUOTE

RM69183
02/24/2017

ATTN: Henrique Bessa
Universidade de Aveiro

Phone: [\(096\) 376-6987](tel:0963766987)

Rapid Machining (603) 821-5200
22 Charron Avenue
Nashua, NH 03063

www.RapidManufacturing.com/Rapid-Machining/
RM-RapidQuote@RapidManufacturing.com

Lead Time Options	Expedite
Standard Delivery	add 0%
4 Work Days earlier	add 25%
5 Work Days earlier	add 50%
6 Work Days earlier	add 75%

FOB: Nashua, NH
Sales Rep: [House Account](#) (603) 821-7301

* Please use myRAPID.RapidManufacturing.com to place your order for quote **RM69183**.

*** Day 1 starts the day after the order is received.
Your Dock Date should reflect our shipping date
plus 1-3 work days depending on your shipping method ***

- Expedite availability is subject to shop load at the time of order. If you need a delivery sooner than the expedite options shown, please contact us to discuss.

- Faster expedites may be available on myRAPID.RapidManufacturing.com for this quote.

- Additional services such as plating and First Article add additional lead days


Item	Part Details	Lead Time (Work Days)	Qty	Price Each	Ext.Price	Preview
001 ..	Banco Medio_24.IGS Rev Details: Other - See Comments Powder Coat Gray - Light Gray 89/71530; Notes:	12	24	\$96.37	\$2,312.83	

Figura B.6: Quotização instantânea para fabrico da peça Banco Médio pela Rapid Machining.

Apêndice C

Parâmetros de Impressão

Basic Advanced Plugins Start/End-GCode

start.gcode end.gcode

Quality

Layer height (mm)

Shell thickness (mm)

Enable retraction ☒

Fill

Bottom/Top thickness (mm)

Fill Density (%)

Speed and Temperature

Print speed (mm/s)

Printing temperature (C)

Bed temperature (C)

Support

Support type

Platform adhesion type

Filament

Diameter (mm)

Flow (%)

Machine

Nozzle size (mm)

Retraction

Speed (mm/s)

Distance (mm)

Quality

Initial layer thickness (mm)

Initial layer line width (%)

Cut off object bottom (mm)

Dual extrusion overlap (mm)

Speed

Travel speed (mm/s)

Bottom layer speed (mm/s)

Infill speed (mm/s)

Top/bottom speed (mm/s)

Outer shell speed (mm/s)

Inner shell speed (mm/s)

Cool

Minimal layer time (sec)

Enable cooling fan ☒

Plugins:

Pause at height
Tweak At Z 40.2

Enabled plugins

Open plugin location

Start/End-GCode

```

;Sliced at: {day} {date} {time}
;Basic settings: Layer height: {layer_height}
;Print time: {print_time}
;Filament used: {filament_amount}m {filament_color}
;Filament cost: {filament_cost}
;M190 S(print_bed_temperature) ;Uncomment to enable bed leveling
;M109 S(print_temperature) ;Uncomment to enable preheating
G21 ;metric values
G90 ;absolute positioning
M82 ;set extruder to absolute mode
M107 ;start with the fan off
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
G28 Z0 ;move Z to min endstops
G1 Z15.0 F(travel_speed) ;move the platform
G92 E0 ;zero the extruder
G1 F200 E3 ;extrude 3mm of filament
G92 E0 ;zero the extruder
G1 F(travel_speed) ;move the platform
;Put printing message on LCD screen
M117 Printing...
  
```

Figura C.1: Parâmetros de impressão definidos.

Apêndice D

Documentação Técnica - Folheto de Instruções



Figura D.1: Páginas 1 e 2 de 12 do Folheto de Instruções.



Figura D.2: Páginas 3 e 4 de 12 do Folheto de Instruções.

Ronda nº4

10L1V | 5L2V | 5L2V - 7MIN

Nesta ronda há a introdução do pedido por código; a partir de agora todos os pedidos serão feitos por código identificativo seguinte:

Posição nº 1	Posição nº 2	Posição nº3	Posição nº4
Locomoção	Nº Bancos	Acessórios	Reutilização
L - Leme		V - Vela	* - Sim
M - Motor		P - Porta	
		T - Toldo	

Além disso, há um novo pedido de um cliente que pretende ter dois bancos médios dispostos perpendicularmente ao movimento do moliceiro. Os moliceiros reutilizados deverão ser resultado da remoção dos bancos pequenos em linha e da colocação nova dos bancos médios na posição correcta.



Ronda nº6

4L1V | 4L2V | 2M1 | 2M1* | 2M2 | 2M2* | 4M3 - 7MIN

Nesta ronda há um cliente que acha que só mover o moliceiro à vela não é suficiente, pois em dias de pouco vento a locomoção torna-se impossível; dessa forma, sugere que se passem a produzir moliceiros com motor. Além disso, o mesmo cliente pretende que ainda seja acrescentada uma nova configuração dos bancos - no caso, uma disposição com 3 (três) bancos. São reutilizados 2 moliceiros (L1V) a leme da ronda anterior, sendo que é necessário retirar o leme e colocar o motor e também com o mesmo procedimento dois L2V, que passarão para M1 e M2 sucessivamente.



Ronda nº5

10L1V | 10L2V - 7MIN

Esta ronda funciona da mesma maneira da ronda anterior, inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta lean introduzida - **Redução de Lotes**. Será necessário guardar 4 (quatro) moliceiros no final da ronda sem serem desmontados, para que possam ser reutilizados na ronda seguinte. Dentro destes, 2 (dois) serão dos L1V e outros 2 (dois) do tipo L2V.



Ronda nº8

4L1V | 4L2V | 4M1 | 4M2 | 4M3 - 7MIN

Esta ronda funciona da mesma maneira que as duas rondas anteriores, inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta lean introduzida - **Análise de Fluxo de Valor**. Nesta ronda deverá proceder-se à realização de uma análise de fluxo de valor. Como sugestão poderá utilizar-se a ferramenta VSM, pedindo aos formandos que construam, analisem e comparem o VSM atual e anterior. É necessário nesta ronda guardar sem desmontar, um barco de cada tipo de moliceiro montado, num total de cinco moliceiros, para que possam ser reutilizados na ronda seguinte.



Ronda nº7

4L1V | 4L2V | 4M1 | 4M2 | 4M3 - 7MIN

Esta ronda funciona da mesma maneira da ronda anterior, inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta lean introduzida - **Layout em U**. O operador que sobra, pode ser mudado para a logística ou para a qualidade (momentaneamente sem trabalho sendo que mais tarde será novamente chamado a colaborar).



Ronda nº9

2L1V | 2L2V | 2M1 | 2M2 | 2M3 | 1L1VP | 1L1VP* | 1L2VP | 1L2VP* | 1M1P | 1M1P* | 1M2P* | 1M2P | 1M3P* | 1M3P - 7MIN

Nesta ronda, há para além de todos os diferentes pedidos anteriores, um novo cliente que está interessado na compra de moliceiros que tenham em consideração a entrada para o mesmo. Nos atuais, dentro das laterais não há nenhum entalhe/nenhuma porta que permita uma entrada facilitada para o moliceiro. São reutilizados 2 moliceiros (L1V) a leme da ronda anterior, sendo que é necessário retirar o leme e colocar o motor e também com o mesmo procedimento dois L2V, que passarão para M1 e M2 sucessivamente.



Todas as fotografias por António Cravo.

Figura D.3: Páginas 5 e 6 de 12 do Folheto de Instruções.



Figura D.4: Páginas 7 e 8 de 12 do Folheto de Instruções.

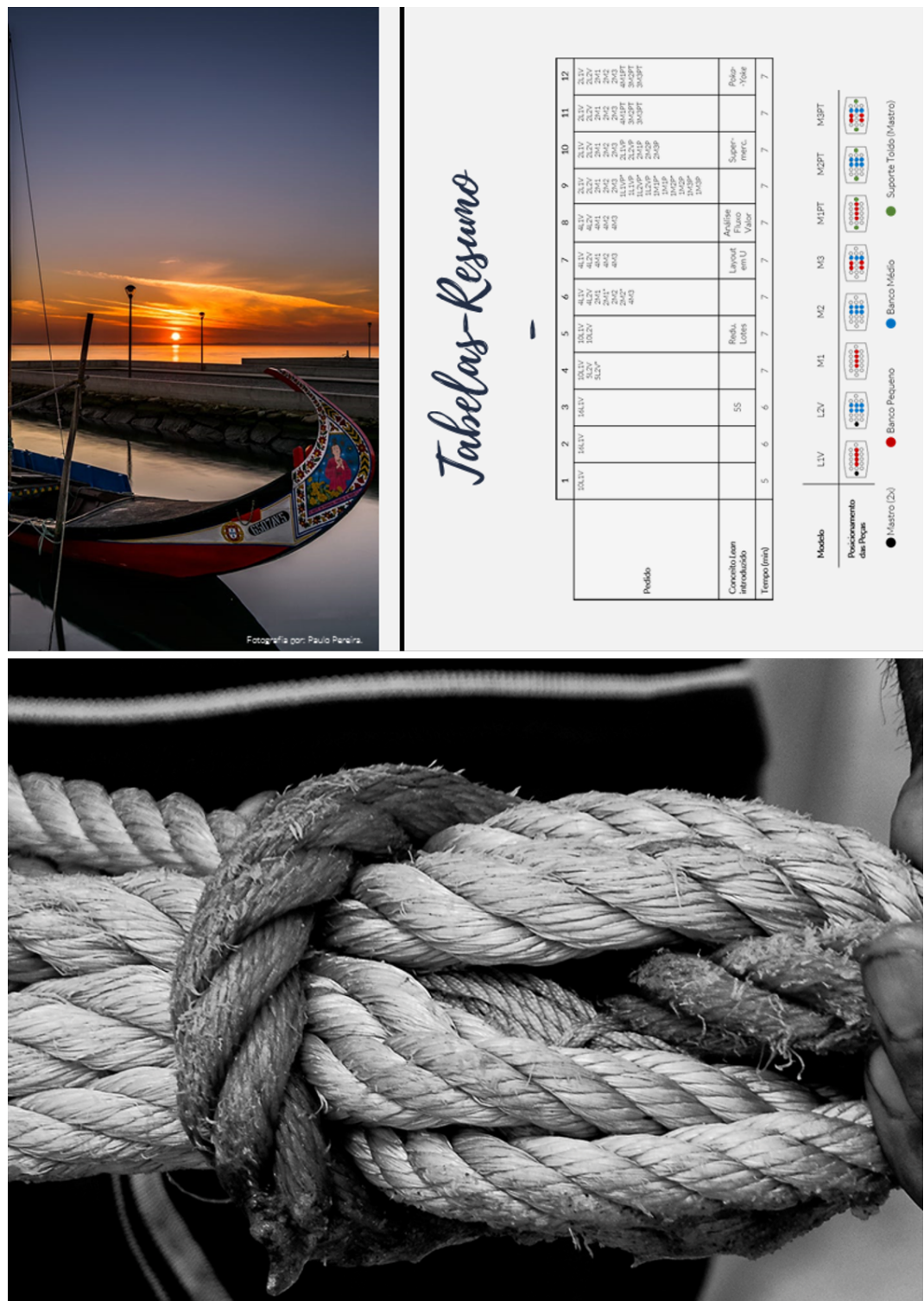


Figura D.5: Páginas 9 e 10 de 12 do Folheto de Instruções.



Figura D.6: Páginas 11 e 12 de 12 do Folheto de Instruções.

Apêndice E

Documentação Técnica - Manual do Utilizador



Figura E.1: Página 1 de 48 do Manual de Instruções.

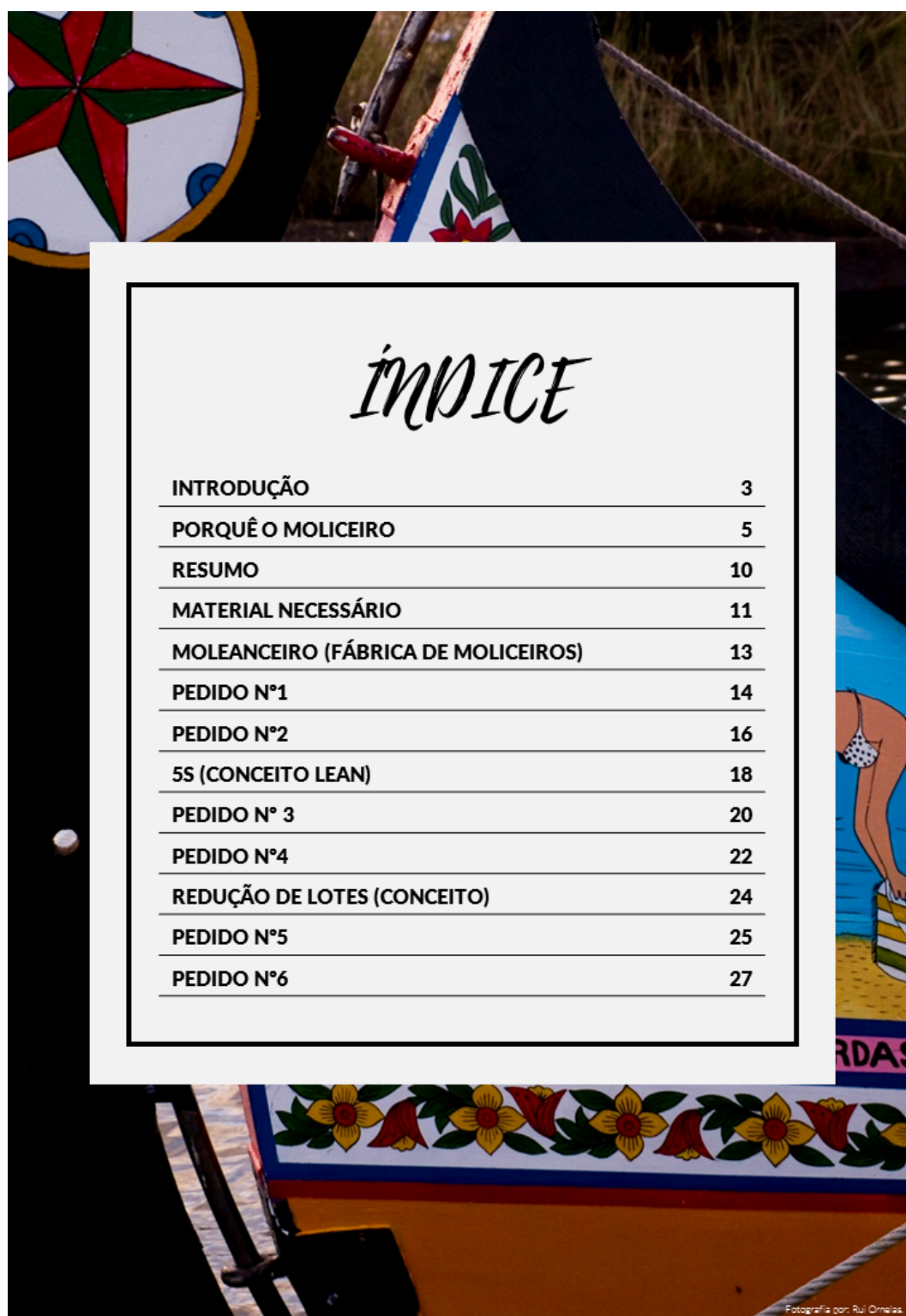


Figura E.2: Página 2 de 48 do Manual de Instruções.

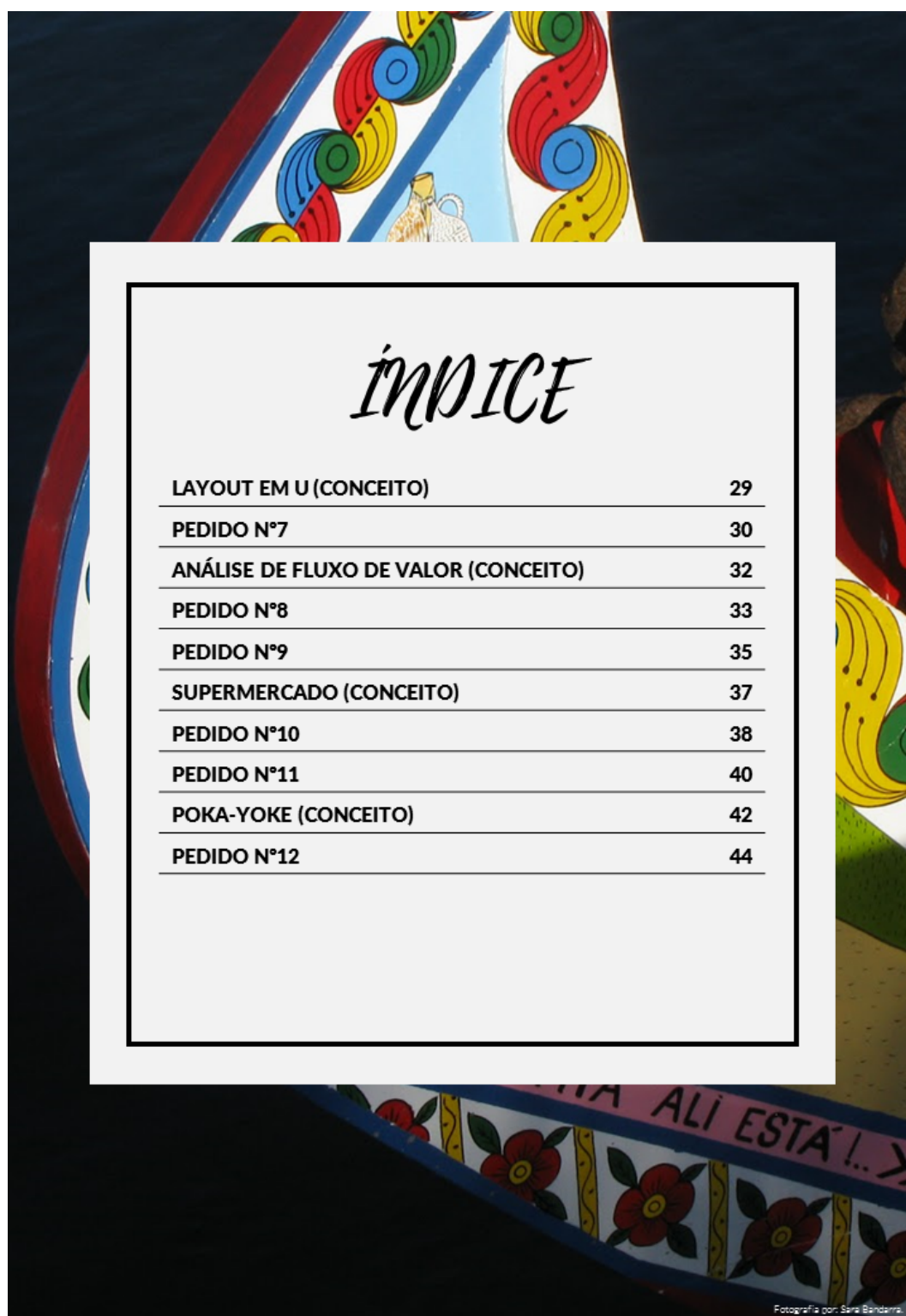


Figura E.3: Página 3 de 48 do Manual de Instruções.

Introdução

"A melhor maneira de nos prepararmos para o futuro é concentrar toda a imaginação e entusiasmo na execução perfeita do trabalho de hoje"

Dale Carnegie

Dado o clima económico actual e a crescente competitividade entre empresas, é crucial que as organizações aproveitem ao máximo os seus recursos, reduzam custos, optimizem processos e apostem na melhoria contínua. A gestão *lean* apresenta-se como uma filosofia que orienta as empresas nesse sentido. No entanto existe por vezes a ideia errada de que esta filosofia só pode ser utilizada no mundo industrial. A filosofia *Lean* é igualmente válida para o sector dos serviços e pode mesmo ser utilizada para a melhoria pessoal de cada um, permitindo uma melhor organização no nosso dia a dia.

A realização desta apresentação visa introduzir aos formandos as principais ferramentas e metodologias da filosofia *lean* de uma forma prática, especificamente através da simulação de uma linha de produção. No decorrer da apresentação serão também dados exemplos do quotidiano onde algumas destas metodologias podem ser utilizadas.

Esta apresentação destina-se a pessoas sem conhecimentos profundos na área do *lean*, servindo de introdução e demonstrando de forma simples algumas das vantagens desta filosofia. Existe por vezes alguma dificuldade em compreender a ligação entre as várias ferramentas utilizadas e um dos objectivos deste jogo é tornar visível essa ligação, sendo feita uma introdução encadeada de cada metodologia à medida que novos pedidos por parte do cliente vão surgindo.

Página 3

Figura E.4: Página 4 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.5: Página 5 de 48 do Manual de Instruções.

PORQUÊ O *Moliceiro*

Moliceiro é o nome dado aos barcos que circulam na Ria de Aveiro, região lagunar do Rio Vouga. Esta embarcação era originalmente utilizada para a apanha do moliço, sendo que actualmente são mais usados para fins turísticos. É um dos ex-libris de Aveiro, em conjunto com os Ovos Moles.

De entre os barcos típicos da região, o moliceiro é considerado o mais elegante; apesar da decoração colorida e humorística, é um barco de trabalho para a apanha do moliço, o qual era a principal fonte de adubagem nas terras agrícolas de Aveiro.

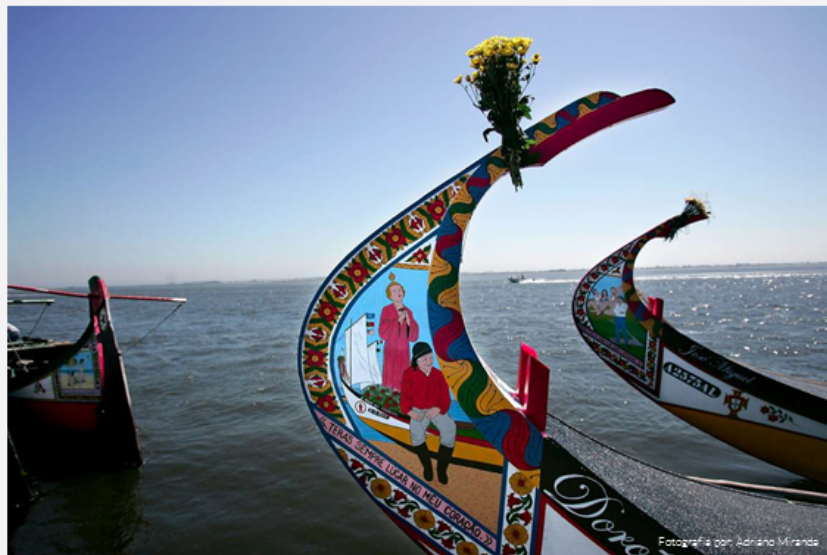
Uma vez que a RM Consulting se encontra situada na zona de Aveiro, e dada a versatilidade de formas e feitios que o moliceiro é constituído, foi com naturalidade que se optou pelo uso deste objeto como forma de formação através da gamificação.



Figura E.6: Página 6 de 48 do Manual de Instruções.



São barcos de borda baixa para facilitar o carregamento do moliço. Os moliceiros têm uma proa e uma ré muito elegantes que normalmente estão decorados com pinturas que ridicularizam situações do dia a dia. O comprimento total é cerca de 15 metros, a largura de boca 2,50 metros. Navega em pouca altura de água. O castelo da proa é coberto. Como meios de propulsão usa uma vela, a vara e a sirga.



Página 6

Figura E.7: Página 7 de 48 do Manual de Instruções.

É construído de madeira de pinho e resiste, em média, doze anos ao serviço.

A cor do costado é, inicialmente, amarelada, por efeito do embreamento a pez louro; mas, logo que sofre a primeira amanhção, o costado é totalmente embreado a pez negro, menos oneroso e mais eficiente no calafeto e protecção.

Exceptuam-se, neste segundo aspecto, as zonas ocupadas pelos painéis da proa e da ré que, apesar de

reparados, conservam sempre o seu aspecto decorativo.

É bem singular a disposição interior deste pequeno barco, onde nada esquece.

O castelo da proa, inteiramente coberto e fechado com porta e chave, serve de câmara de tripulantes e de paiol de mantimentos.

A cobrir as duas primeiras cavernas de água, há um estrado, ao mesmo nível do piso da câmara e com a função de lareira, onde os tripulantes preparam e comem as refeições.

O castelo da ré é preenchido por um espaço, no qual se acondicionam o barril de água, as forcadas e as tamancas, coberto por uma tampa móvel, que serve de assento ao arrais.

O leme, de grandes proporções, ostenta, dos dois lados, a divisa colorida do construtor. Nas extremidades do costado, à proa e à ré, por ambos os bordos, situam-se os painéis decorativos.



Página 7

Figura E.8: Página 8 de 48 do Manual de Instruções.

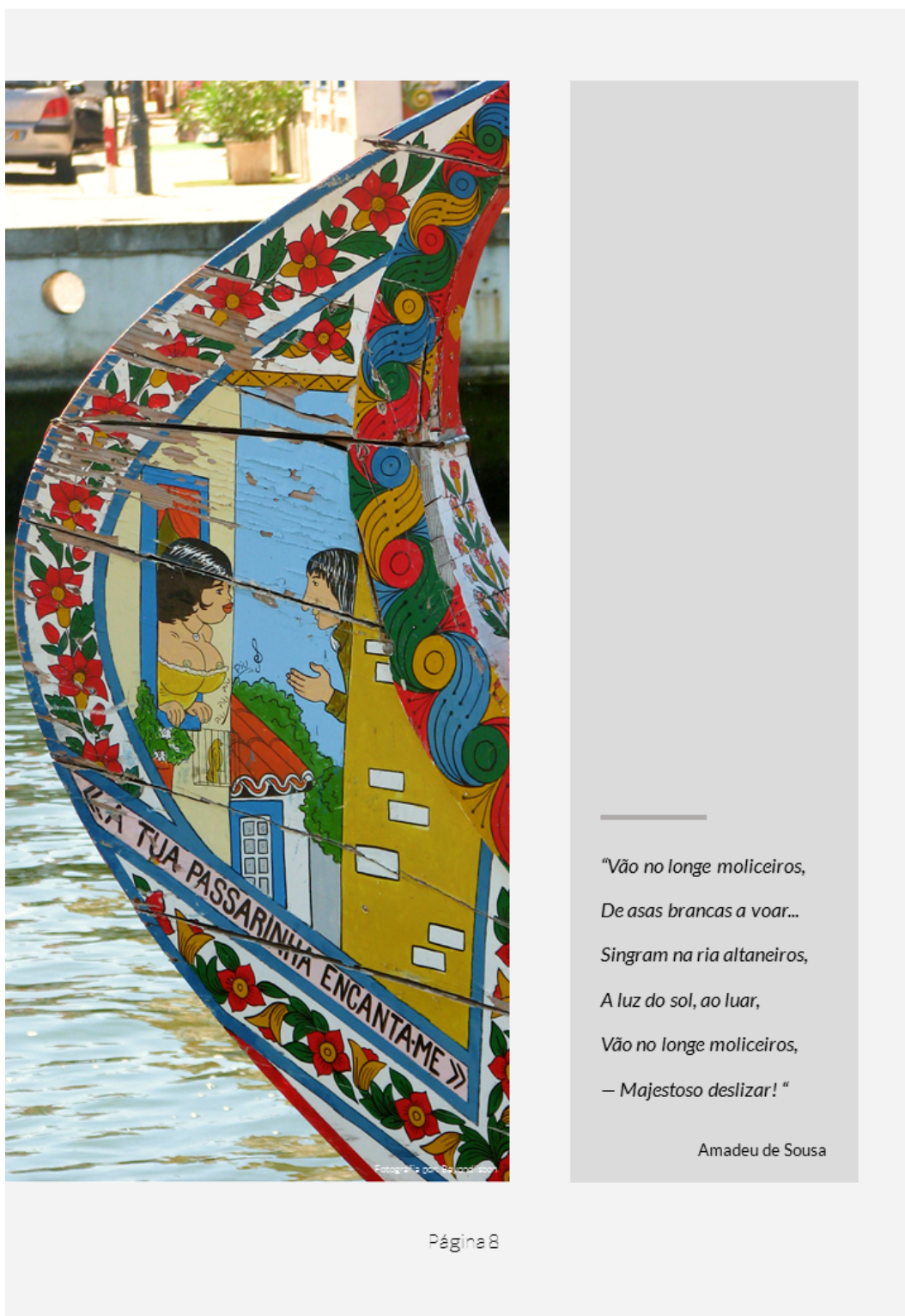


Figura E.9: Página 9 de 48 do Manual de Instruções.

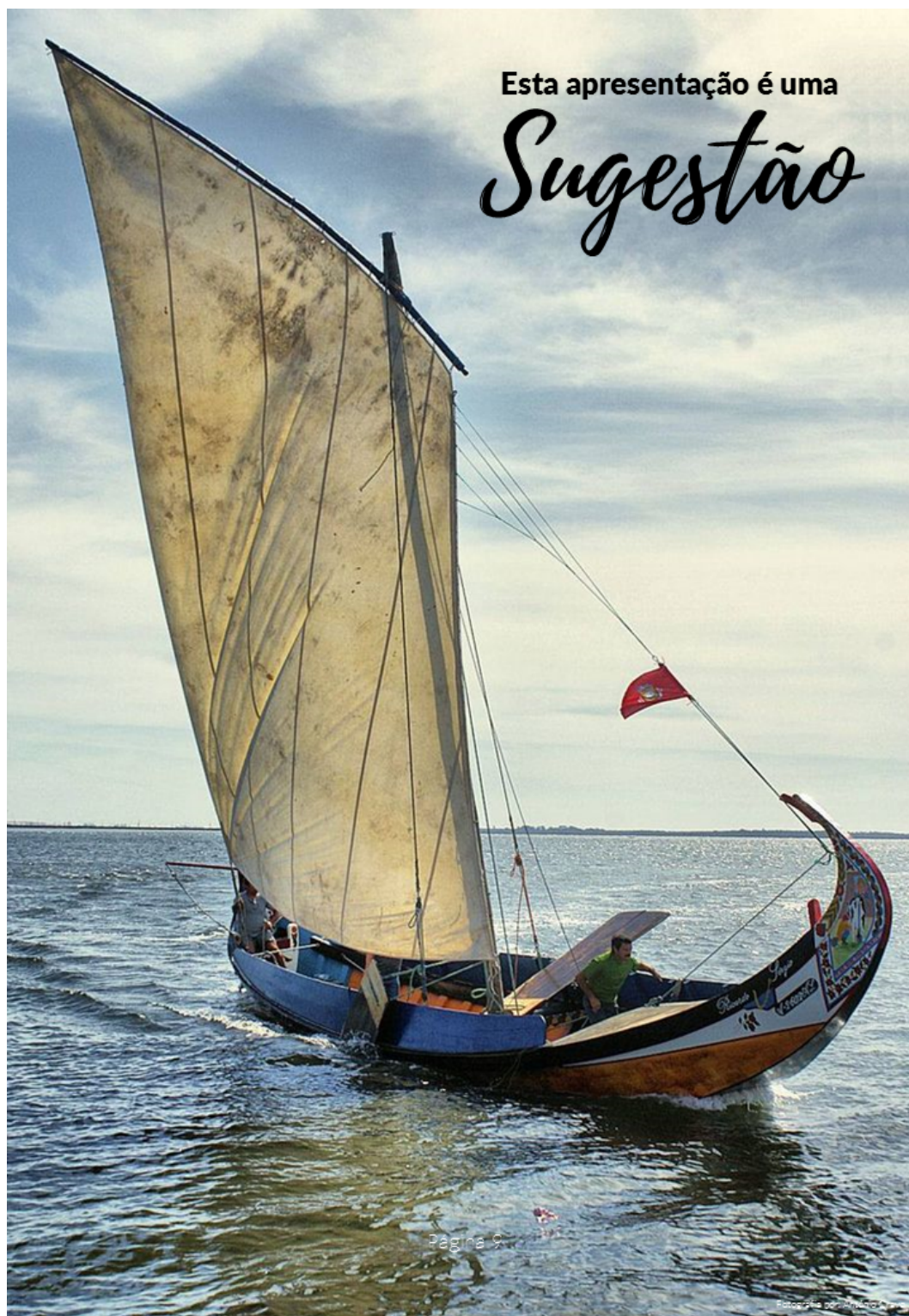


Figura E.10: Página 10 de 48 do Manual de Instruções.

- Resumo -



Este jogo consiste no encadeamento sucessivo de novos pedidos por parte de clientes de uma empresa que se dedica ao fabrico de moliceiros. À medida que o tempo vai passando, com as rondas consequentes há um acréscimo da dificuldade do pedido feito, sendo que serão introduzidos progressivamente conceitos teóricos *lean*, para que se possam ver estes a actuar na prática.

O jogo é constituído por mais de 300 peças e 13 configurações diferentes de moliceiros divididas por 12 rondas.

Este jogo destina-se a ser usado em grupos de pelo menos 5 (cinco) pessoas, servindo esta apresentação como sugestão de realização e nunca como método final a aplicar.

Sugere-se a anotação dos resultados ronda-a-ronda, para que se consiga avaliar se houve ou não melhoria, com o decorrer do jogo e da consequente introdução de conceitos *Lean*.

Figura E.11: Página 11 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.12: Página 12 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.13: Página 13 de 48 do Manual de Instruções.



Na fase inicial deve ser feito um enquadramento antes de proceder à construção da linha de produção inicial. Referir que vai ser efectuada uma abordagem a várias ferramentas e conceitos da gestão *lean* e mostrar como podem ser aplicados na prática.

De seguida introduzir uma história ou situação (exemplo: a Moleanceiro é uma empresa que se dedica ao fabrico de moleceiros onde ainda é usado o sistema de produção em massa).

Após a introdução da situação deve ser pedido o auxílio de 5 voluntários com o intuito de ocupar os 4 postos de trabalho, acrescidos de um gestor de produção.

Depois de ocupados os 4 postos de trabalho e de definida a estratégia inicial por parte do gestor, pode-se proceder para o teste da linha inicial.

Figura E.14: Página 14 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.15: Página 15 de 48 do Manual de Instruções.

Pedido nº1



Esta ronda é livre, sendo que se devem juntar 4 pessoas e tentar produzir sem indicações nem referências, 10 moliceiros em 5 minutos. As peças deverão estar todas espalhadas em cima de uma mesa (ou dentro da caixa mas sem os alçapões) de forma a que a procura das mesmas seja mais demorada.

No final, todos os moliceiros deverão ser desmontados e todas as peças colocadas dentro da caixa (de forma desorganizada) ou espalhadas em cima da mesa, conforme o escolhido.

Figura E.16: Página 16 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.17: Página 17 de 48 do Manual de Instruções.

Pedido nº2



Esta ronda tem exatamente o mesmo tipo de moliceiros da ronda anterior, bem como o tempo para os fazer. Há um acréscimo da quantidade pedida (dezasseis) e a imposição do fabrico por lotes (lotes de 4 moliceiros, que deverão ser utilizados em todas as rondas até que surjam ordens contrárias), bem como o aumento do tempo disponível em 1 (um) minuto. Os colaboradores deverão estar dispostos em linha (simulando a convencional linha de montagem da produção em massa), e divididos por 4 postos de trabalho; cada posto de trabalho terá as suas peças a encaixar, conforme ilustrado na sequência seguinte. É expectável que os formandos não consigam atingir o objectivo.

As peças deverão estar, tal como na ronda anterior, espalhadas em cima de uma mesa ou dentro da caixa e todas misturadas.



Página 17

Figura E.18: Página 18 de 48 do Manual de Instruções.

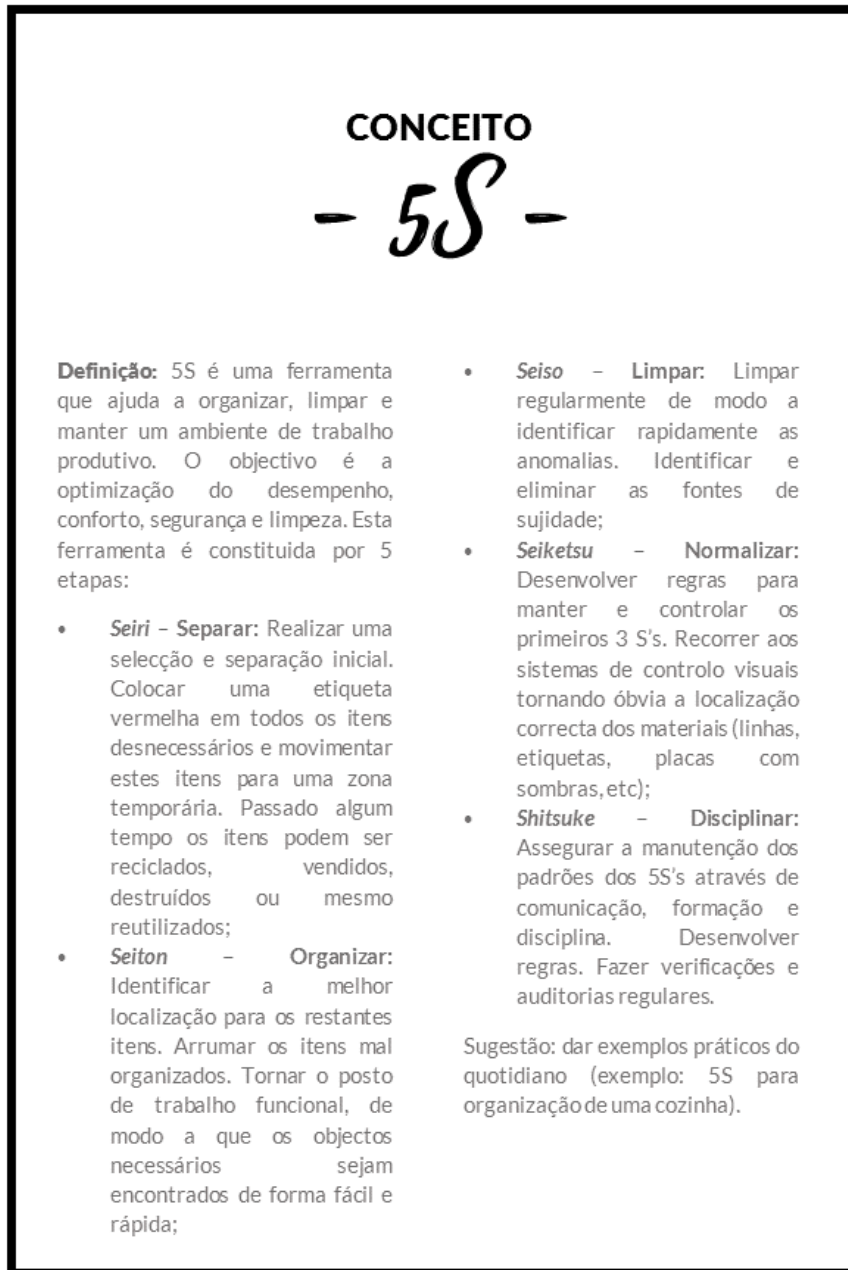
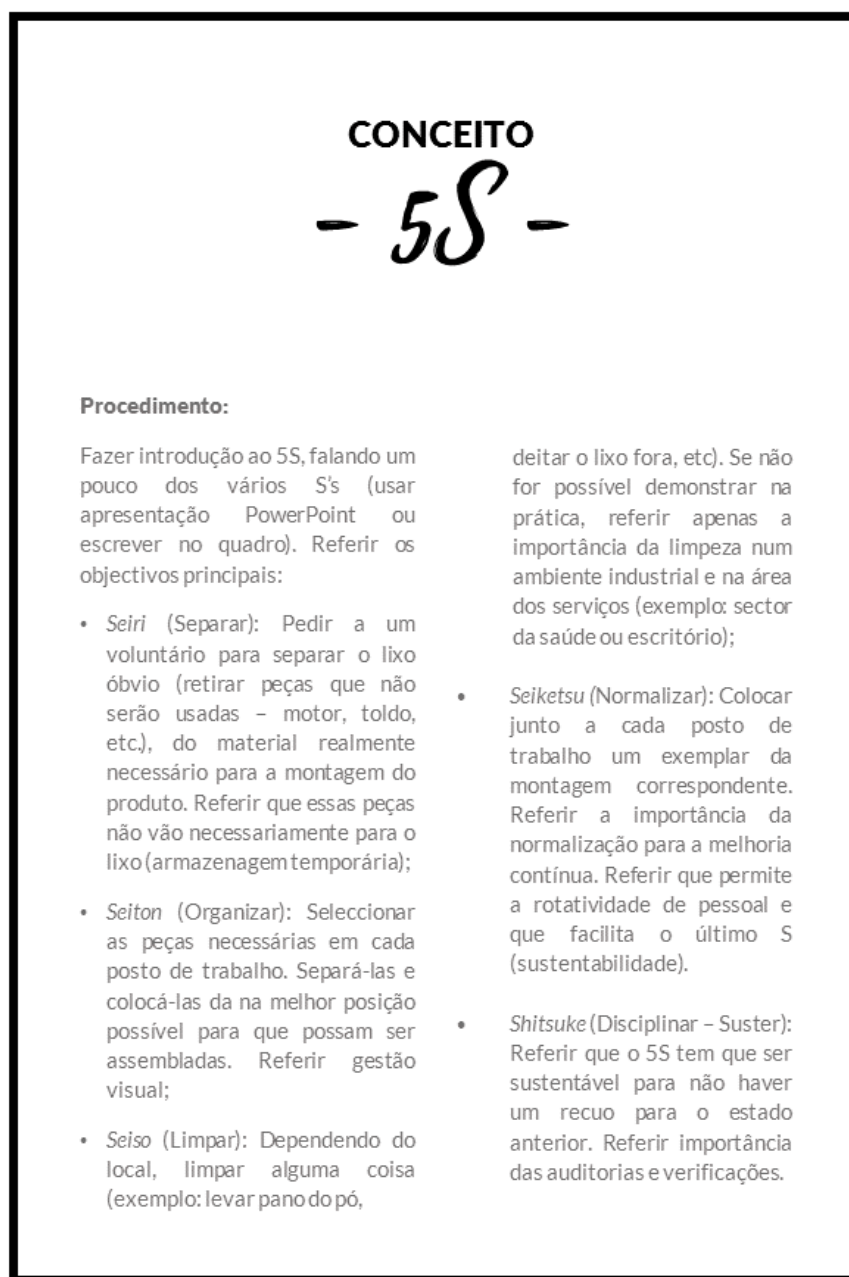


Figura E.19: Página 19 de 48 do Manual de Instruções.



Página 19

Figura E.20: Página 20 de 48 do Manual de Instruções.

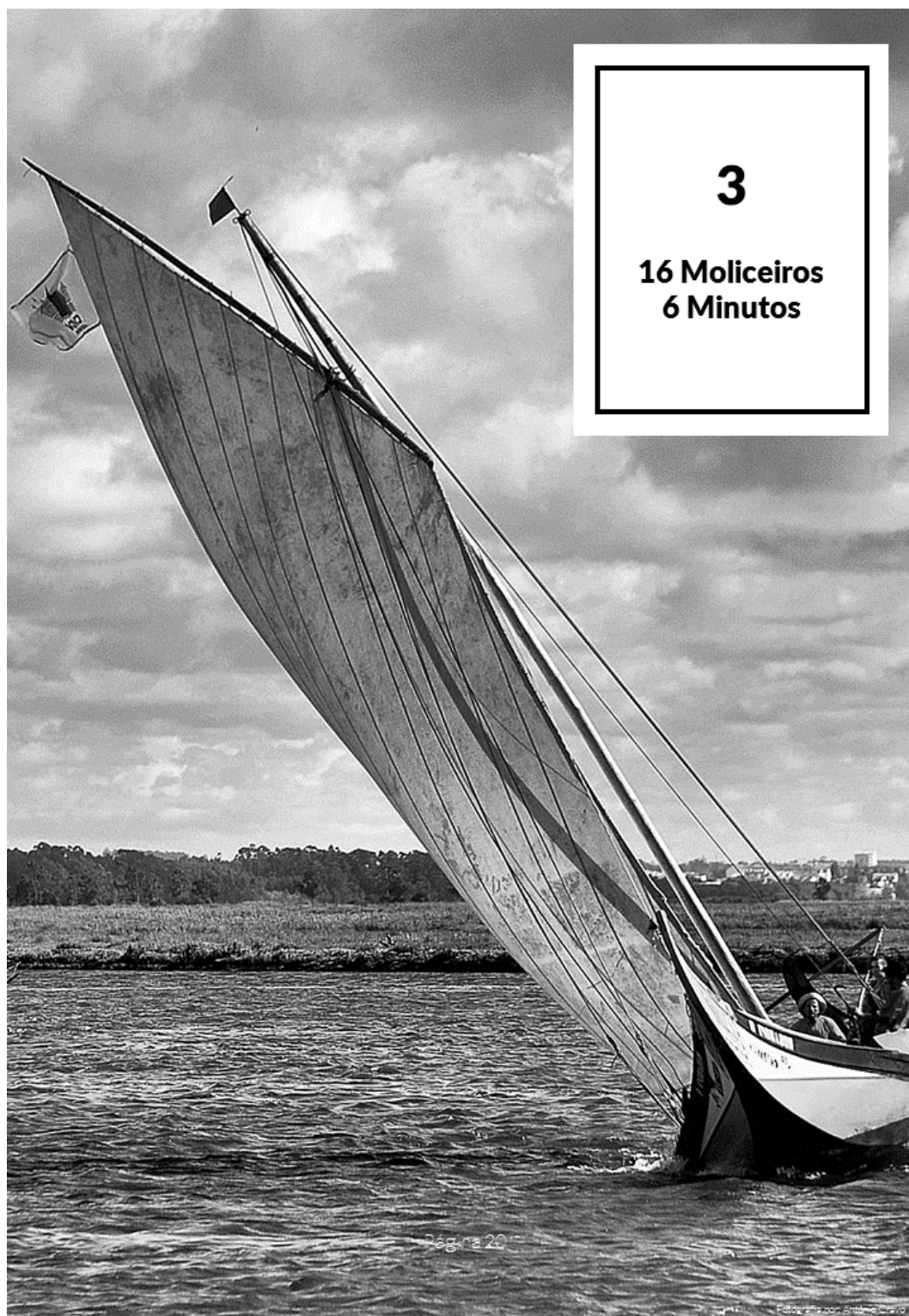


Figura E.21: Página 21 de 48 do Manual de Instruções.

Pedido nº3



Esta ronda funciona da mesma maneira da ronda anterior, inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta *Lean* introduzida – 5S.

Desta forma pretende-se que as peças não utilizadas sejam arrumadas na caixa deixando as restantes espalhadas em cima da mesa; que as que serão utilizadas sejam separadas por tipo de peça, e colocadas de forma organizada em cada posto de trabalho com o intuito de facilitar a montagem; que se retire das mesas tudo o que esteja a mais ou que não acrescente valor; que se perceba a importância da padronização, sugere-se que se faça a rotação dos operadores; por fim, perceber a importância de auditorias e fiscalizações de forma a garantir que todos os passos anteriores sejam garantidos.

Será necessário guardar 5 (cinco) moliceiros no final da ronda sem serem desmontados, para que possam ser reutilizados na ronda seguinte.

Figura E.22: Página 22 de 48 do Manual de Instruções.

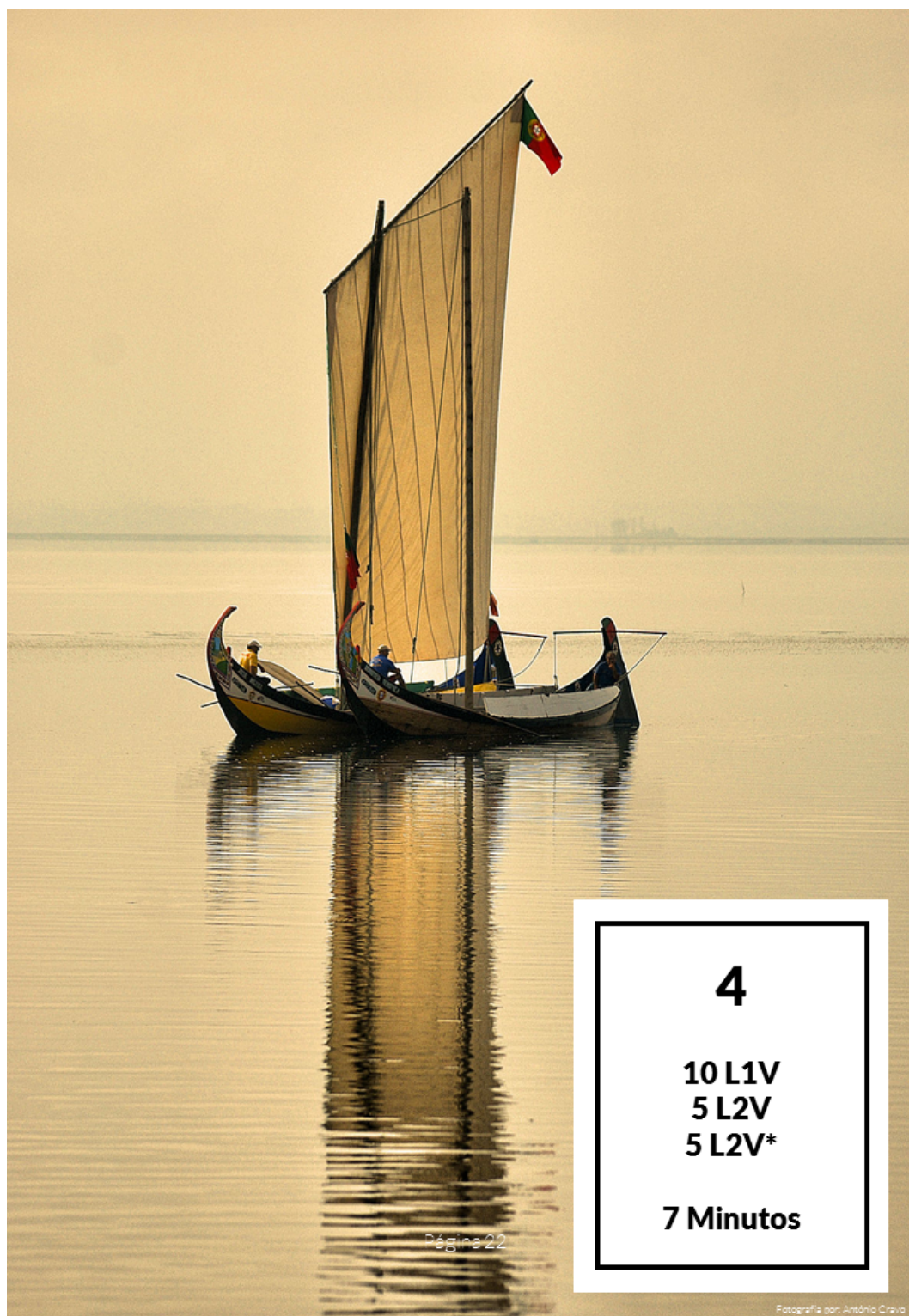
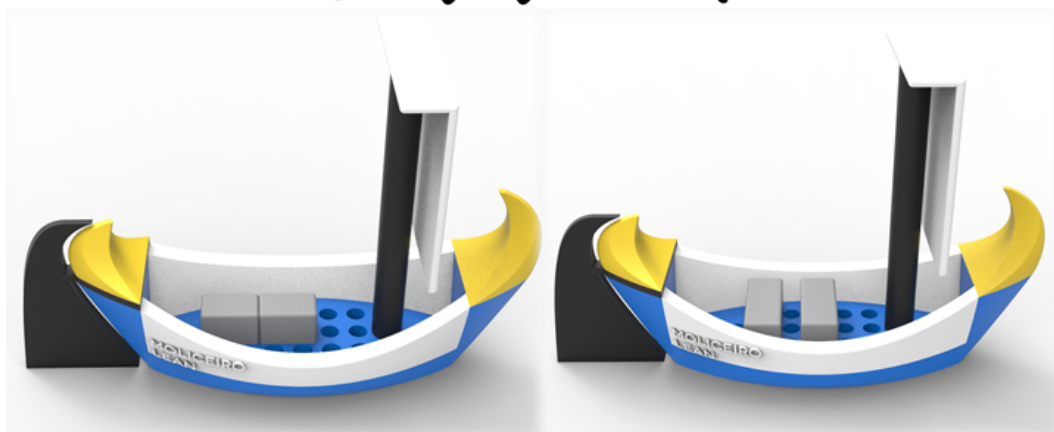


Figura E.23: Página 23 de 48 do Manual de Instruções.

Pedido nº4



Nesta ronda há a introdução do pedido por código; a partir de agora todos os pedidos serão feitos por código identificativo e que se encontra explicado na tabela seguinte:

Posição nº 1	Posição nº 2	Posição nº3	Posição nº4
Locomoção	Nº Bancos	Acessórios	Reutilização
L - Leme		V - Vela	* - Sim
M - Motor		P - Porta	
		T - Toldo	

Além disso, há um novo pedido de um cliente que acha que só um banco comprido não é suficiente, pelo que pretende ter dois bancos médios dispostos perpendicularmente ao movimento do moliceiro.

O tempo da ronda passa a ser de 7 (sete) minutos para produção de 20 (vinte) moliceiros. O nº de lotes, o nº de postos de trabalho e a utilização da ferramenta 5S são para ser mantidos.

Os moliceiros reutilizados deverão ser resultado da remoção dos bancos pequenos em linha e da colocação dos bancos médios na posição correcta.

Figura E.24: Página 24 de 48 do Manual de Instruções.

CONCEITO - Redução de Lotes -

Vantagem:

Se o tamanho dos lotes for muito elevado pode gerar stock ou então não responder com rapidez aos pedidos dos clientes uma vez que para concluir uma peça tem que se esperar que todas as outras estejam finalizadas;

Procedimento:

Em vez da produção ser feita em lotes de 4 (quatro) moliceiros, passa a ser em lotes de 2 (dois). Ou seja, cada vez que um colaborador acabar a montagem de dois conjuntos deverá de imediato passa-lo ao colaborador seguinte.



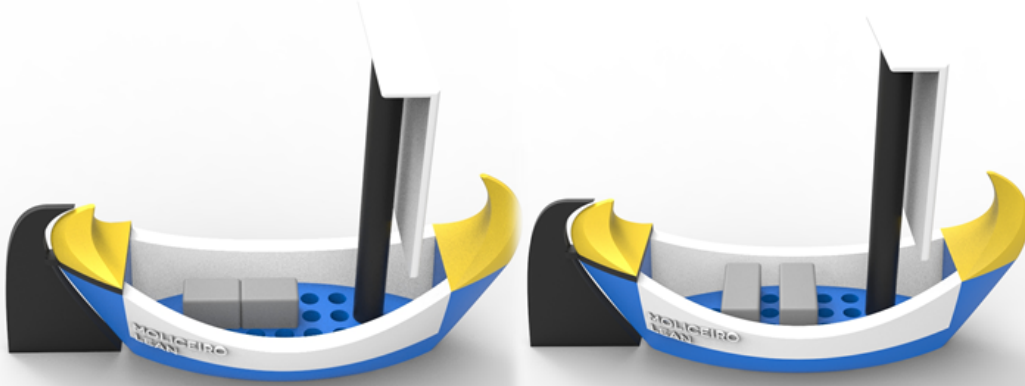
Página 24

Figura E.25: Página 25 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.26: Página 26 de 48 do Manual de Instruções.

Pedido nº5



Esta ronda funciona da mesma maneira da ronda anterior, inclusive tem o mesmo tipo de pedido, sendo que a única diferença a registar é a utilização da ferramenta *lean* introduzida – Redução de Lotes.

Desta forma pretende-se que deixe de ser necessário a produção de lotes de quatro moliceiros antes da passagem entre postos de trabalho, para a produção de lotes de dois barcos. Assim, cada vez que um colaborador acabar duas montagens deverá proceder imediatamente à entrega dessas peças para o posto seguinte.

É importante também realçar a necessidade de padronização, uma vez que a sua utilização permite alcançar a redução de custos do produto e da produção final, mantendo ou aumentando a sua qualidade.

Será necessário guardar 4 (quatro) moliceiros no final da ronda sem serem desmontados, para que possam ser reutilizados na ronda seguinte. Dentro destes, 2 (dois) serão dos L1V e outros 2 (dois) do tipo L2V.

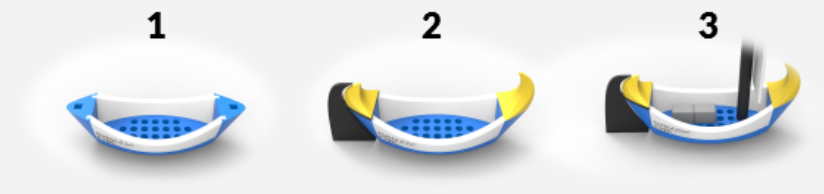


Figura E.27: Página 27 de 48 do Manual de Instruções.

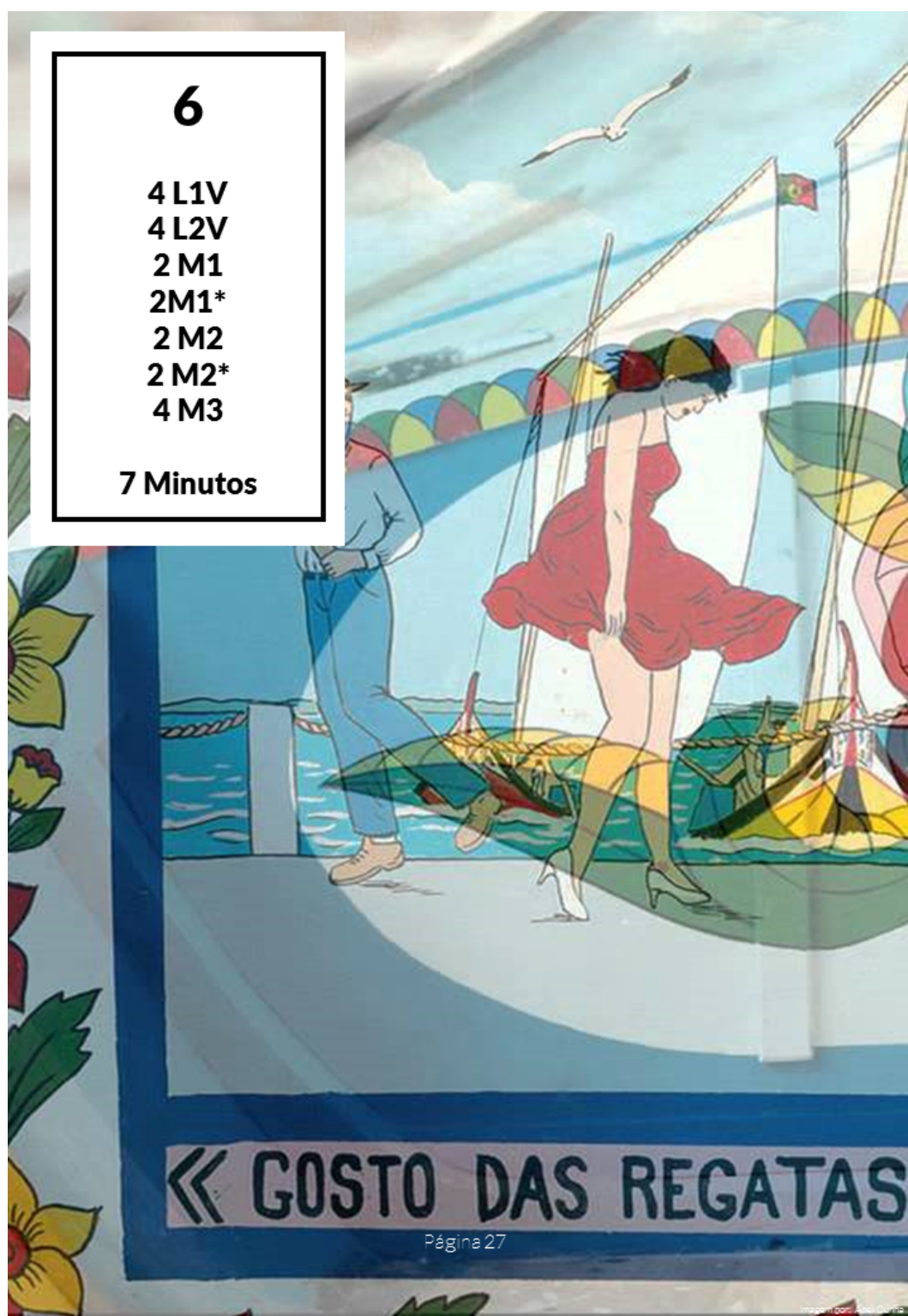


Figura E.28: Página 28 de 50 do Manual de Instruções.



Figura E.29: Página 29 de 48 do Manual de Instruções.

CONCEITO

- Layout em U -

Vantagens do Layout em U: *Layout* mais compacto que requer metade do comprimento de uma linha; permite melhor comunicação entre os trabalhadores, facilitando o trabalho de equipa; trabalhadores podem efectuar tarefas em postos não só adjacentes mas também opostos.

Procedimento:

Referir as vantagens de uma linha em U em relação a um linha em I ou L.

Nota: O local da apresentação deve ser previamente preparado para permitir a formação de uma linha em U (exemplo: numa sala de aula, organizar 3 mesas para que formem um U).

Exemplos para o *layout* inicial e em U encontram-se ilustrados de seguida:

1 → 2 → 3 → 4

Layout em linha.

1 3

2

Layout em U.

O colaborador que cedeu o seu lugar deve ser encarado como um operador insatisfeito e que como tal foi mudado para a logística,, passando a funcionar como operador logístico; o mesmo deverá fazer o transporte dos lotes de peças entre postos de trabalho.

Figura E.30: Página 30 de 48 do Manual de Instruções.

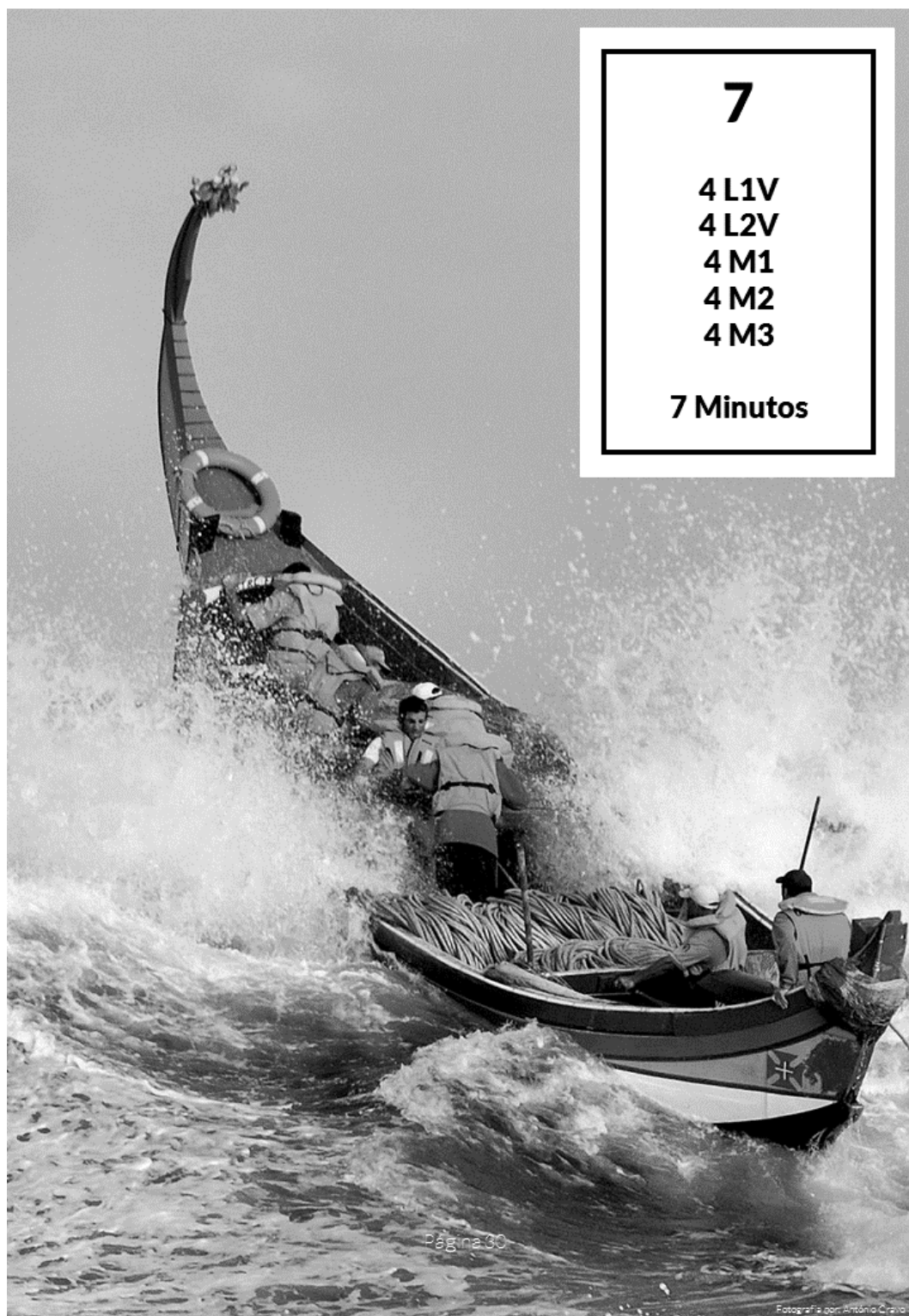


Figura E.31: Página 31 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.32: Página 32 de 48 do Manual de Instruções.

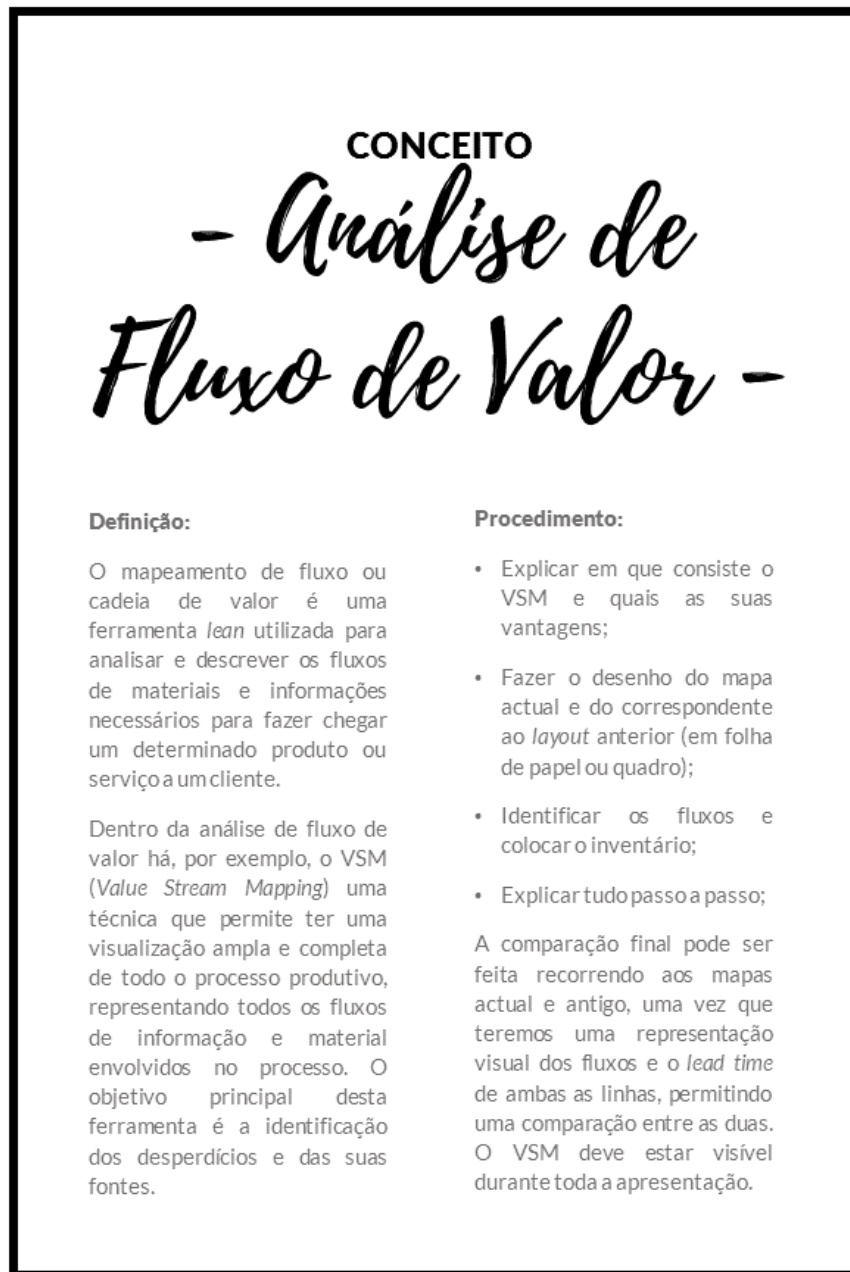


Figura E.33: Página 33 de 48 do Manual de Instruções.

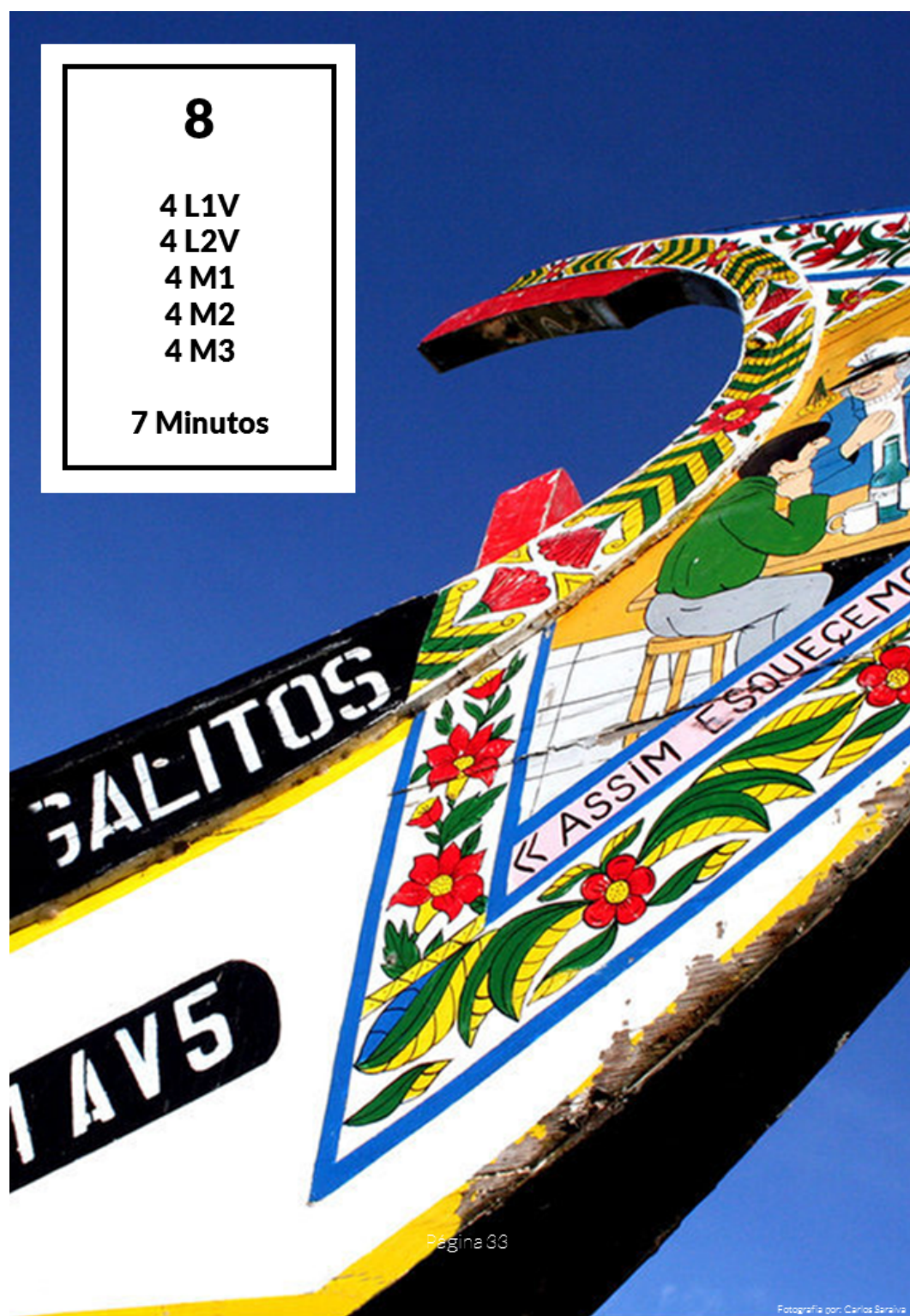


Figura E.34: Página 34 de 48 do Manual de Instruções.

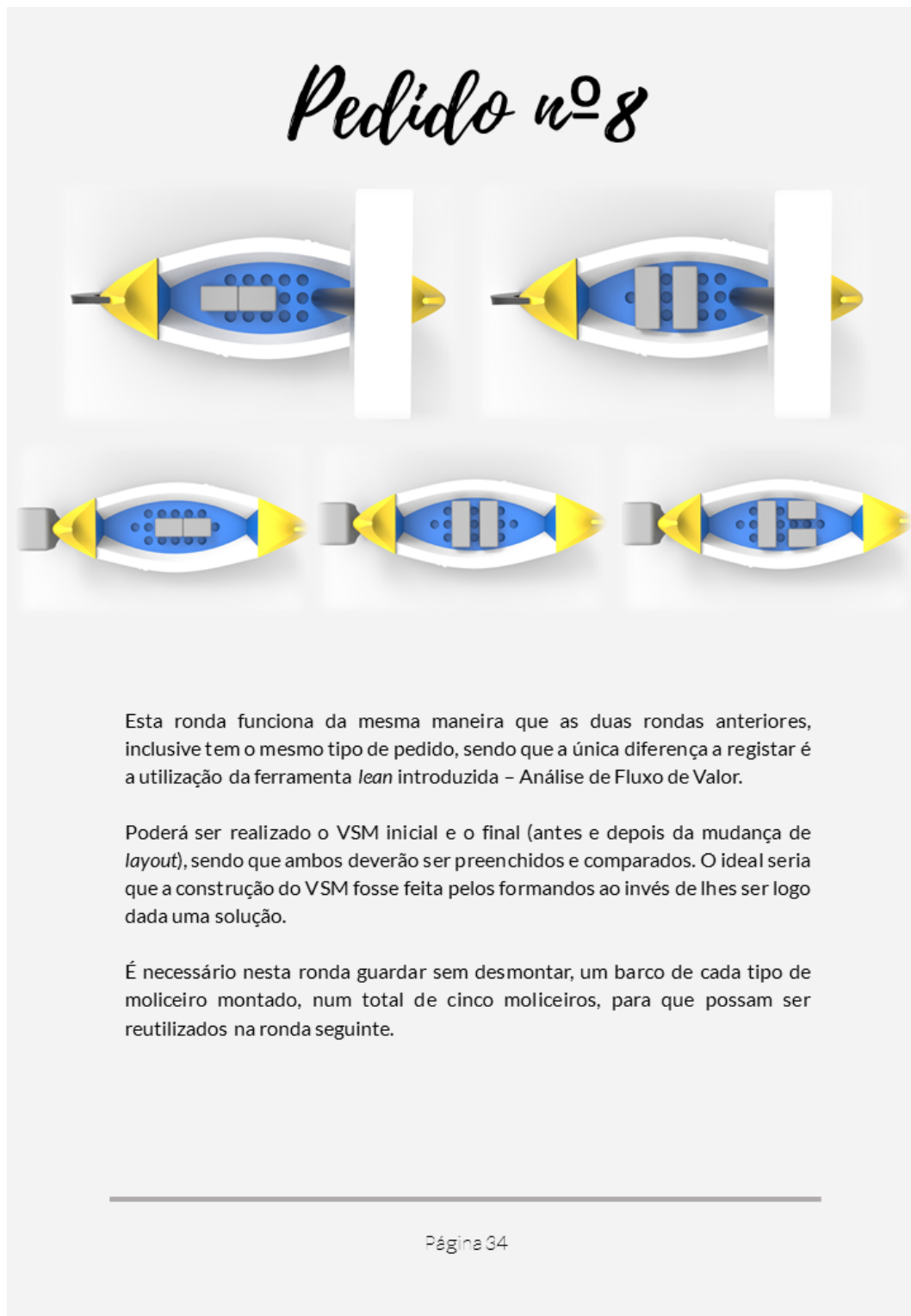


Figura E.35: Página 35 de 48 do Manual de Instruções.

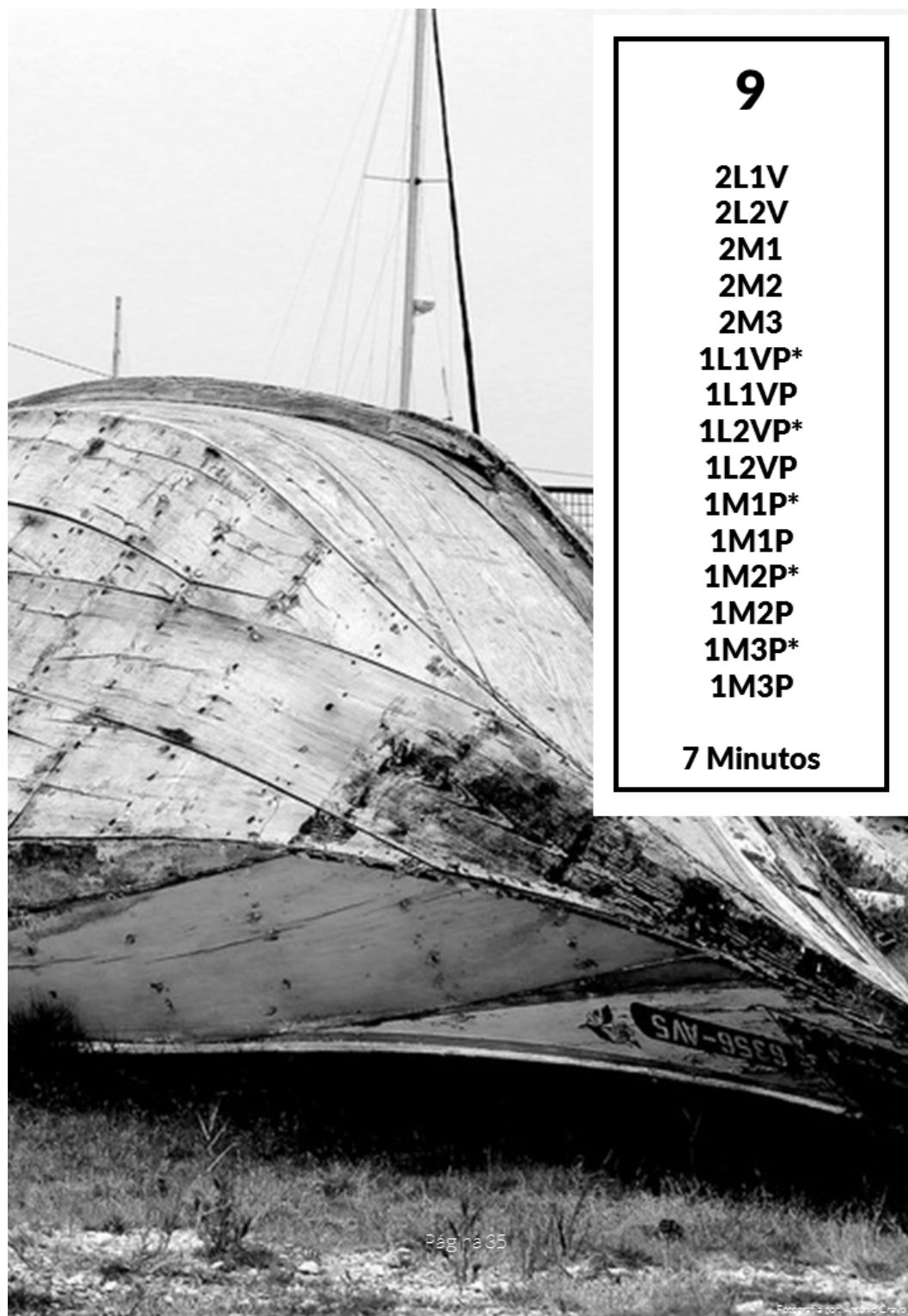


Figura E.36: Página 36 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.37: Página 37 de 48 do Manual de Instruções.

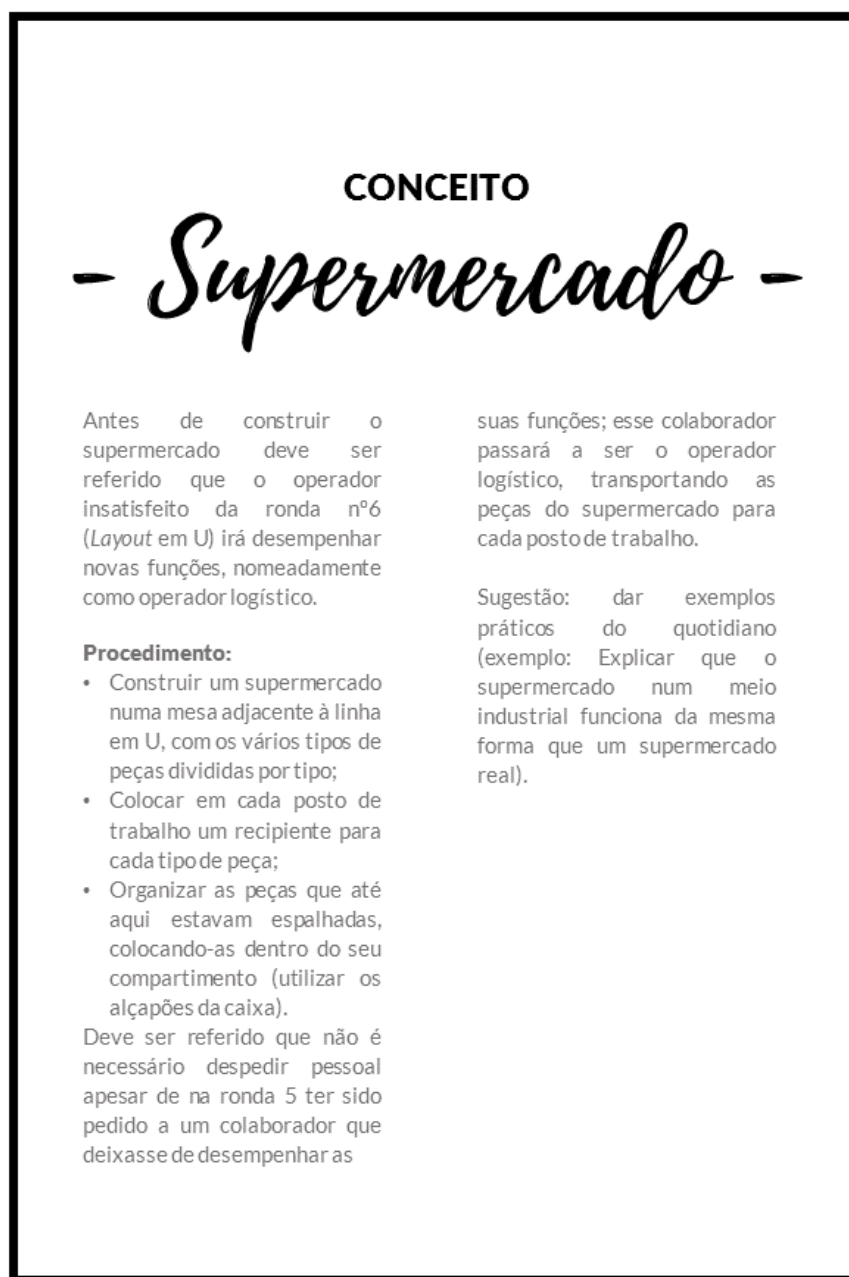


Figura E.38: Página 38 de 48 do Manual de Instruções.

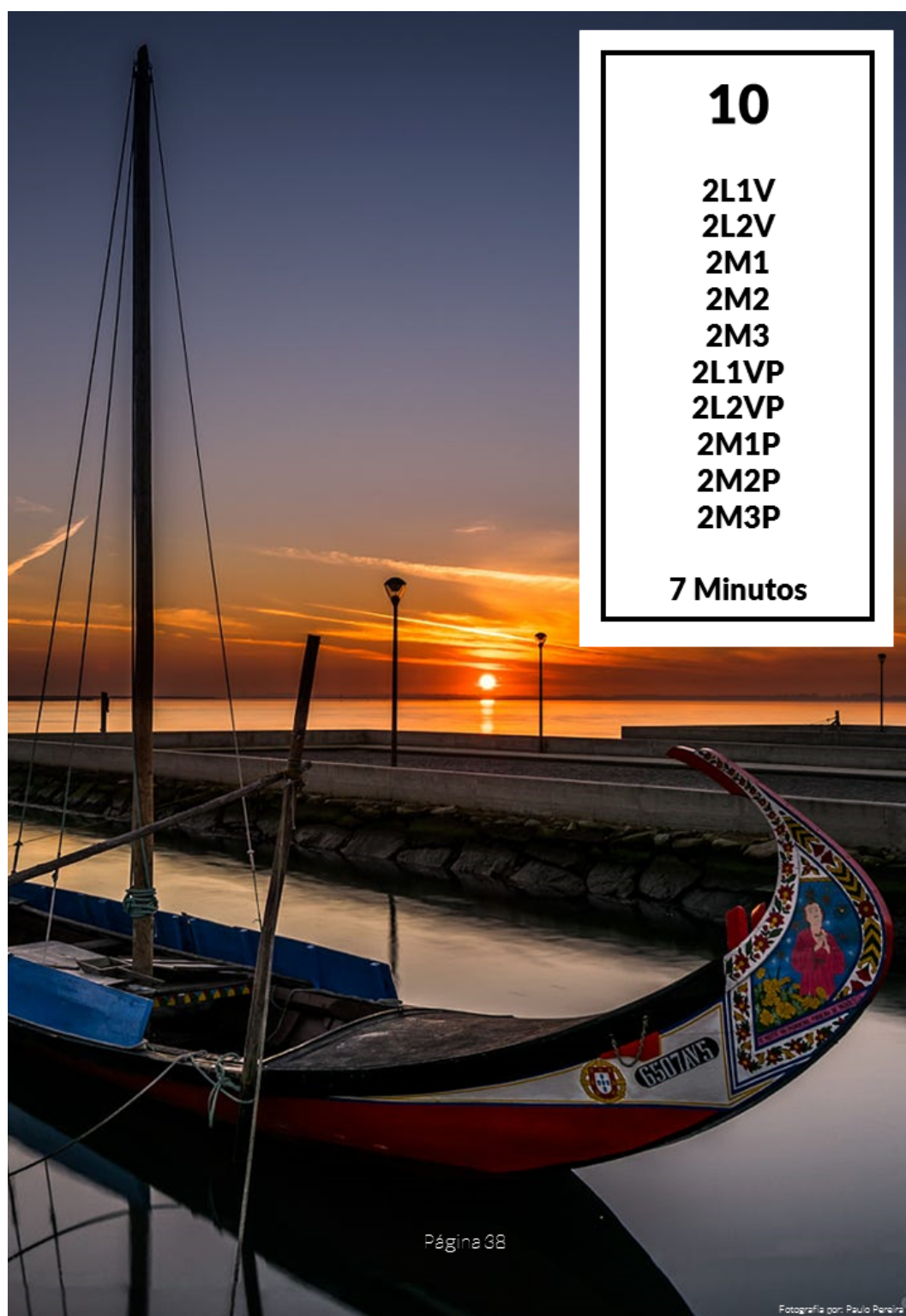


Figura E.39: Página 39 de 48 do Manual de Instruções.

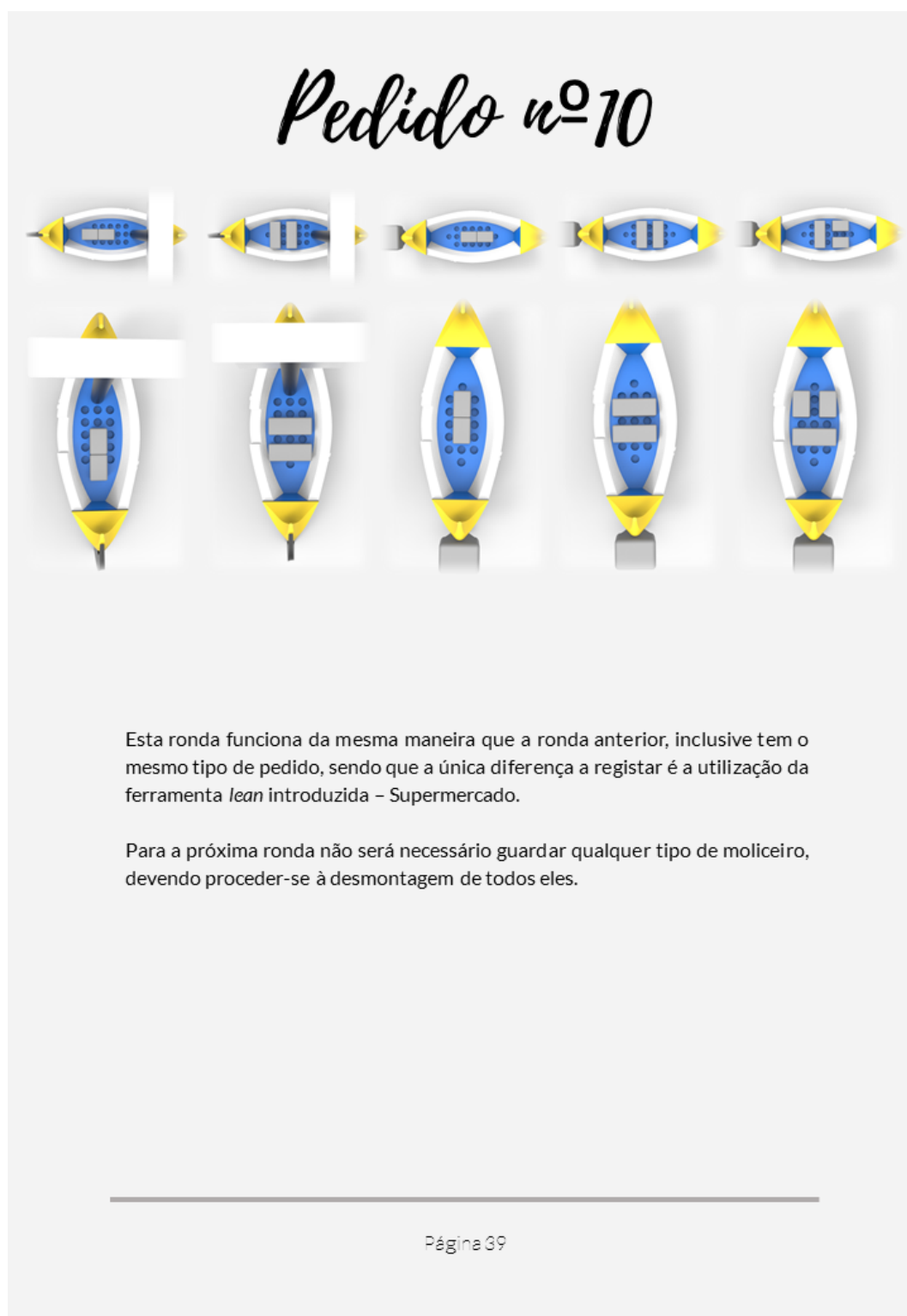


Figura E.40: Página 40 de 48 do Manual de Instruções.

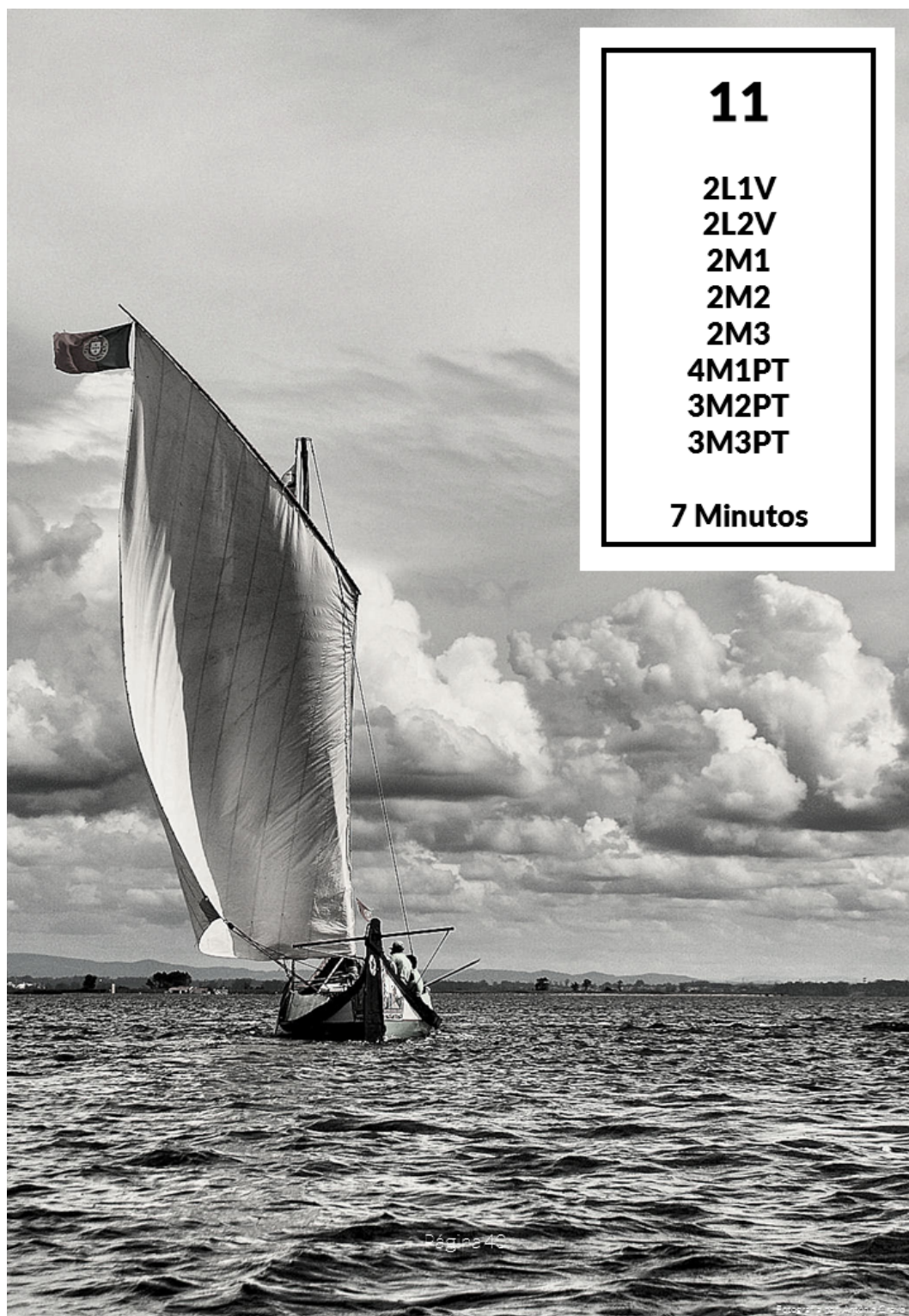


Figura E.41: Página 41 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.42: Página 42 de 48 do Manual de Instruções.

CONCEITO

- Poka-Yoke -

Definição:

Dispositivo ou mecanismo simples que é instalado numa máquina ou posto de trabalho. Tem como função evitar a ocorrência de defeitos nos processos de fabrico ou na utilização de produtos. Mesmo que se pretenda efectuar uma operação de forma errada a *poka-yoke* não permite.

Procedimento:

- Introduzir e explicar o conceito de *poka-yoke*;
- Pedir para que verifiquem as 3 (três peças) de *poka-yoke* que se encontram na caixa do jogo.
- Colocar essas peças na mesa do último posto de trabalho, para que possam ser testados os moliceiros.



Página 42

Figura E.43: Página 43 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.44: Página 44 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.45: Página 45 de 48 do Manual de Instruções.



Figura E.46: Página 46 de 48 do Manual de Instruções.

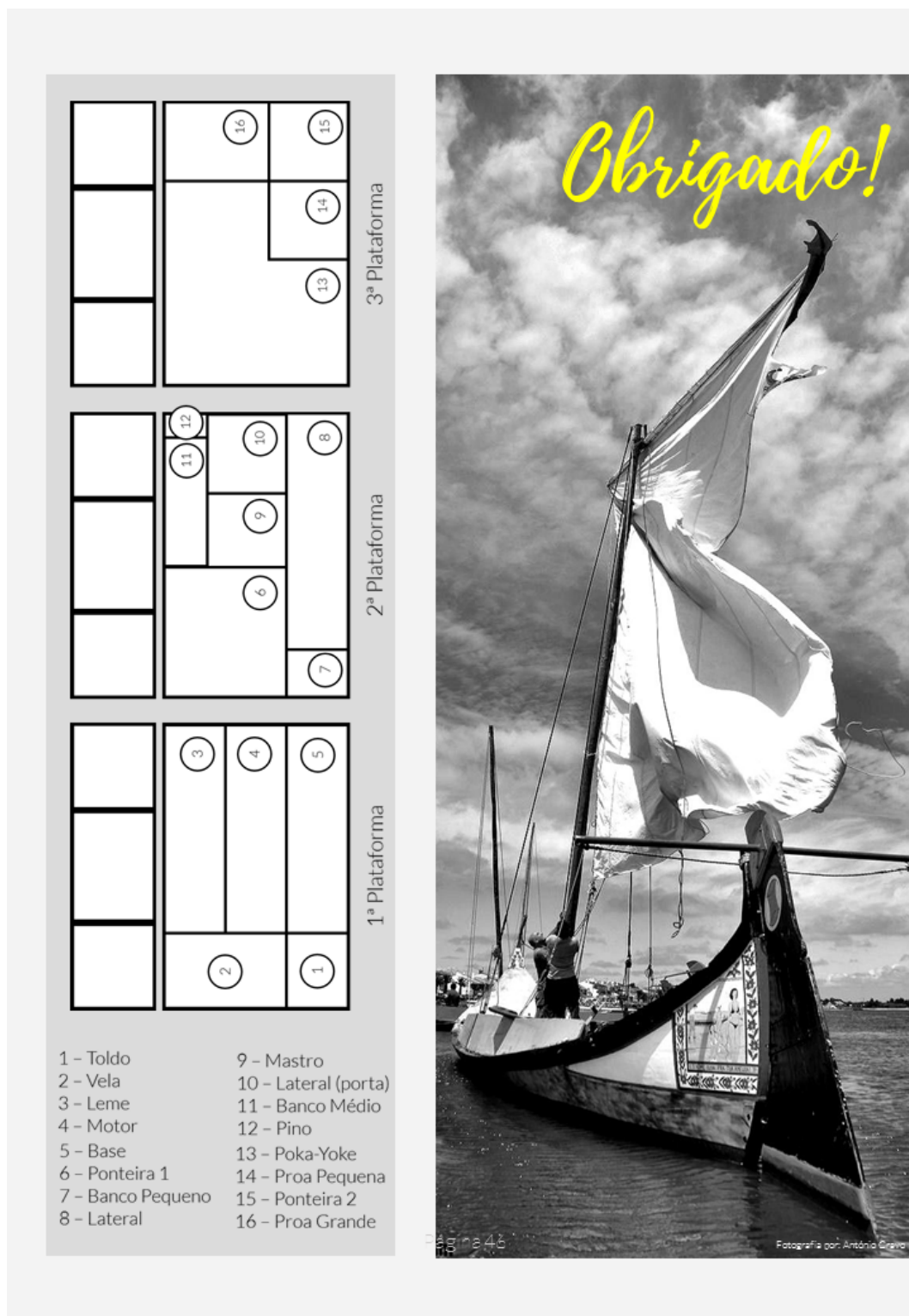


Figura E.47: Página 47 de 48 do Manual de Instruções.



RM CONSULTING

Espaço GO, Rua da Paz
3810-329 Aveiro
234 351 145
www.rm.com.pt

Henrique Carvalho Bessa

Figura E.48: Página 48 de 48 do Manual de Instruções.